Aus dem Fachbereich Medizin
der Johann Wolfgang Goethe-Universität
Frankfurt am Main

aus dem
Zentrum der Inneren Medizin
Medizinische Klinik I (Gastroenterologie und Hepatologie, Pneumologie und
Allergologie, Endokrinologie und Diabetologie sowie Ernährungsmedizin)
Direktor: Prof. Dr. Stefan Zeuzem

betreut am
Caritas Krankenhaus Bad Mergentheim
Medizinische Klinik 2

**Geriatrischer Ultraschall: Prospektive Evaluation der
Indikationen und Limitationen der point of care Sonografie in
der Geriatrie. Normwertstudie bei geriatrischen Patienten**

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin
des Fachbereichs Medizin
der Johann Wolfgang Goethe-Universität
Frankfurt am Main

vorgelegt von
Sorina Kreppenhöfer

aus Petrosani

Frankfurt am Main, 2020

Dekan: Prof. Dr. Stefan Zeuzem
Referent: Prof. Dr. Christoph F. Dietrich
Korreferent: Prof. Dr. Johannes Pantel
[ggf. 2. Korreferent/in: Titel Vorname Nachname] nur bei summa cum laude
Tag der mündlichen Prüfung: 22.06.2021

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung.....	6
2. Abstract.....	8
3. Einleitung	10
4. Fragestellung	18
5. Patienten und Methoden	20
5.1. Eingeschlossene Patienten	20
5.2. Angewendete Ultraschallgeräte	20
5.3. Untersuchungsmethoden geriatrischer Patienten	20
5.3.1. Geriatrische Assessments	20
5.3.2. Untersuchungsmethodik	24
5.4. Bildqualität.....	26
5.5. Dokumentation	26
5.6. Ethikvotum	27
5.7. Biometrie	27
6. Ergebnisse	29
6.1. Patientenmerkmale und festgestellte Befunde	29
6.2. Erhobene Befunde Abdomensonografie mit dem hand-held ultrasound device vs. high-end ultrasound	37
6.3. Thoraxsonografie	57
6.4. Schilddrüsensonografie.....	57
7. Diskussion.....	61
7.1. Sonografie in der Geriatrie	61
7.2. Screening.....	67
7.3. Normwerte.....	74
7.4. HHUSD versus HEUS bei geriatrischen Patienten.....	88
7.5. Inter- und Intraobserver-Variabilität.....	105
7.6. Weitere Anwendungen der POCUS in der Medizin – Review	107
8. Zusammenfassung und Schlussfolgerung	110
9. Literaturverzeichnis	115
10. Schriftliche Erklärung.....	128

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

Die Abkürzungen werden an dem Ort der ersten Verwendung ausgeschrieben und die entsprechende Abkürzung in Klammern dahinter gesetzt.

Acute respiratory distress syndrome (ARDS)

Alanin-Aminotransferase (GPT)

Alkalische Phosphatase (AP)

Arteria hepatica communis (AHC)

Arteria hepatica propria (AHP)

Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaft (AWMF)

Body-Mass-Index (BMI)

Breite (B)

Brightness-Bild (B-Bild)

Conventional prompted voiding (CPV)

Deutsche Gesellschaft für Allgemein- und Viszeralchirurgie (DGAV)

Deutsche Gesellschaft für Gastroenterologie, Verdauungs- und Stoffwechselkrankheiten (DGVS)

Deutsche Gesellschaft für Geriatrie (DGG)

Ductus hepatocholedochus (DHC)

Durchmesser (D)

Enddiastolische Geschwindigkeit / End-diastolic velocity (EDV)

European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology (EFSUMB)

Excerpta Medica Database (EMBASE)

Focused Assessment with Sonography for Trauma (FAST)

Gallenblase (GB)

Gamma-Glutamyltransferase (GGT)

Geriatrische frührehabilitative Komplexbehandlung (GFK)

Hand-held ultrasound device (HHUSD)

Harnblase (HB)

Hämoglobin (Hb)

High-end ultrasound (HEUS)

Höhe (H)
Interkostalraum (ICR)
Kollapsindex (KI)
Länge (L)
Leber (L) – Abbildung
Linker Schilddrüsenlappen (LSDL)
Linker Ventrikel (LV)
Low Density Lipoprotein (LDL – Cholesterin)
Magensonde (MS)
Metastase (M)
Magnetresonanztomografie (MRT)
Maximale systolische Geschwindigkeit / peak-systolic velocity (PSV)
Mini Mental State Examination (MMSE)
Mini Nutritional Assessment (MNA)
Perkutane endoskopische Gastrostomie (PEG)
Point of care ultrasound (POCUS)
Prostata (P)
Rechte Lebervene / Vena hepatica dextra (VHD)
Rechter Schilddrüsenlappen (RSDL)
Resistance Index / Widerstandsindex (RI)
Thrombus (T)
Thyreotropin (TSH)
Timed up and go Test (TUG)
Ultrasound-assisted prompted voiding (USAPV)
Vena cava inferior (VCI)
Vena portae (VP)
Wirbelsäule (WS)
Zweidimensional (2D)

1. Zusammenfassung

Die Sonografie wird als primäre Untersuchungsmethode zur Abklärung vielfältiger Krankheitsbilder eingesetzt und hat sich auch in Leitlinien etabliert. Die Rolle der Sonografie in der Geriatrie ist weniger bekannt und nicht systematisch untersucht.

Ziel der Studie war die Evaluierung der Sonografie als routinemäßig eingesetztes Verfahren und erweiterte körperliche Untersuchung bei geriatrischen Patienten in der medizinischen Akutversorgung. Alle sogenannten geriatrischen Assessments und auch die Sonografie als Screening-Untersuchung erfolgten unabhängig von der Symptomatik des geriatrischen Patienten. Die Befunde wurden mit einem hand-held ultrasound device (HHUSD) und einem high-end ultrasound (HEUS) erhoben und dann verglichen. Die HEUS-Ergebnisse wurden als Goldstandard angesehen. Die Untersuchungen mit HEUS erfolgten meist zu einem späteren Zeitpunkt als mit HHUSD; in der Regel in einem Zeitraum von bis zu sieben Tagen.

Es handelt sich um eine prospektive Studie, die 86 Patienten in einem Zeitraum von 10 Monaten eingeschlossen hat. Die Untersucherin und Doktorandin stellte Folgendes dar: Das Abdomen und die basalen Abschnitte des Thorax sowie die Schilddrüse. Zusätzlich erfolgte eine elastografische Untersuchung der Leber mittels FibroScan.

Die Ultraschalluntersuchung war bei 22/86 (25,6 %) Patienten aufgrund der Symptomatik indiziert und erfolgte bei 64/86 (74,4 %) Patienten als Screening, also ohne klinische Fragestellung. Die Indikationen der Untersuchungen waren: Tumorsuche (8/86 (9,3 %)), Anämie (5/86 (5,8 %)), Leberwert-Erhöhung (5/86 (5,8 %)), Dyspnoe (5/86 (5,8 %)), Frage nach Milzpathologien (2/86 (2,3 %)), Gewichtsverlust (1/86 (1,2 %)), Infektfokussuche (1/86 (1,2 %)), Durchfall (1/86 (1,2 %)), Frage nach intraabdominalem Hämatom (1/86 (1,2 %)) und Kontrolle bei bekanntem Bauchaortenaneurysma (1/86 (1,2 %)). Bei einigen Patienten kamen mehrere Fragestellungen vor.

Die Befunde, die am häufigsten gefunden wurden, waren: Cholezystolithiasis (28/86 (32,6 %); mit HHUSD 5 falsch negative Ergebnisse), rechtsseitiger Pleuraerguss (27/86 (31,4 %); 5 falsch positive Ergebnisse mit HHUSD), Schilddrüsenknoten (26/86 (30,2 %); 2 falsch negative und 1 falsch positiver

Befunde mit HHUSD), Nierenzysten (24/86 (27,9 %); 6 falsch negative Ergebnisse mit HHUSD) und Fettleber (23/86 (26,7 %); 3 falsch negative Befunde mit HHUSD). Von 64/86 (74,4 %) untersuchten Patienten ergab sich bei 8/86 (9,3 %) eine therapeutische Konsequenz. Die wichtigsten Befunde, die mit HHUSD übersehen wurden waren: 2 zystische Formationen im Pankreas (2/86 (2,3 %); mit HEUS insgesamt (6/86 (7,0 %)), eine Lebezirrhose (mit HEUS 2/86 (2,3 %)), eine Choledocholithiasis (1/86 (1,2 %); mit HEUS 2/86 (2,3 %)) und ein Lungeninfiltrat (1/86 (1,2 %); mit HEUS 2/86 (2,3 %)). Alle übersehenen Befunde hatten keine dringende therapeutische Konsequenz, so dass die point of care Sonografie (POCUS) hier ausreichend war, um die „ja/nein“-Fragen zu klären. Bei 65/86 (75,6 %) Patienten war eine Messung der Lebersteifigkeit mittels FibroScan erfolgreich.

Es gab keine Interobserver-Variabilität. Die Untersucherin war eine Fachärztin für Innere Medizin aber keine DEGUM-ausgebildete Ultraschallerin.

Insgesamt zeigte sich eine ausreichende bis gute Übereinstimmung der erhobenen Befunde zwischen HHUSD und HEUS. Die POCUS-Untersuchung lieferte in den meisten Fällen eine Antwort auf die häufigsten Fragestellungen in der Geriatrie (wie Hydratationsstatus, Harnverhalt). Weiterhin konnte die Behandlung bei zufällig gescreenten Patienten optimiert werden. Zur Bestimmung der Organgröße konnte ebenfalls eine gute Korrelation der beiden Geräte festgestellt werden, so dass sich die alleinige Untersuchung mit HHUSD in diesen Fällen ausreichend gezeigt hätte. Ein routinemäßiger Einsatz der Sonografie in der Geriatrie muss in weiteren Studien untersucht werden. Da es sich bei geriatrischen Patienten um multimorbide Patienten mit entsprechend angepassten therapeutischen Zielen handelt, hatten mehrere der erhobenen Befunde in dieser Studie zum Zeitpunkt der geriatrischen Behandlung keine therapeutische Konsequenz.

2. Abstract

Ultrasound is the most widely used diagnostic imaging technique, offering a well established procedure in a high number of guidelines. However, the role of ultrasound in geriatric medicine is less known and little systematically studied.

The aim of this study was to evaluate ultrasound as a screening method and as an extended clinical examination of geriatric patients in acute care. All so-called geriatric assessments and thus also the sonography were carried out as an extended physical examination independent of the symptoms of the geriatric patient. We compared the obtained results of a hand-held ultrasound device (HHUSD) with the ones of a high-end ultrasound device (HEUS). The HEUS-results were considered the gold standard. The examinations with HEUS were usually performed at a later point in time than with HHUSD; usually within a period of up to seven days.

This is a prospective observational study that included 86 patients over a period of 10 months. The following anatomical parts were investigated: the abdomen, the basal sections of the thorax and the thyroid gland. In addition, an elastographic examination of the liver using FibroScan was performed.

For the ultrasound examination, the following indications were considered: tumour (8/86 (9.3 %) patients), anemia (5/86 (5.8 %)), elevated liver values (5/86 (5.8 %)), dyspnoea (5/86 (5.8 %)), pathology of the spleen (2/86 (2.3 %)), weight loss (1/86 (1.2 %)), origin of an infection (1/86 (1.2 %)), diarrhoea (1/86 (1.2 %)), intraabdominal haematoma (1/86 (1.2 %)) and monitoring the aneurysm of Aorta abdominalis (1/86 (1.2 %)). Some patients had more than one indication. However, those indications were present just for 22/86 (25.6 %) of the examined patients, the rest of 64/86 (74.4 %) being asymptomatic.

The most frequently findings of the ultrasound examinations were: gallstones (28/86 (32.6 %); with HHUSD 5 false negative results), pleural effusion on the right lung (27/86 (31.4 %); 5 false positive results with HHUSD), node in the thyroid gland (26/86 (30.2 %); 2 false negative and 1 false positive result with HHUSD), renal cyst (24/86 (27.9 %); 6 false negative results with HHUSD) und fatty liver (23/86 (26.7 %); 3 false negative results with HHUSD). Of 64/86 (74.4 %) randomly screened patients, 8/86 (9.3 %) showed a therapeutic consequence. The most important pathological findings, that would have been

missed with HHUSD, were: 2 cystic lesion of pancreas (2/86 (2.3 %); with HEUS (6/86 (7.0 %)), 1 liver cirrhosis (with HEUS 2/86 (2.3 %)), 1 common bile duct stone (1/86 (1.2 %); with HEUS 2/86 (2.3 %)) and 1 pneumonia (1/86 (1.2 %); with HEUS 2/86 2.3 %)). All overlooked findings had no therapeutic consequence, so the point of care ultrasound (POCUS) was sufficient here to clarify the 'yes/no' questions.

In addition to our ultrasound examination, we assessed the stiffness of the liver using FibroScan. The evaluation was successful for 65/86 (75.6 %) patients.

There was no interobserver variability. The investigator was a specialist in internal medicine but not a DEGUM-trained ultrasound specialist.

Overall, there was sufficient to good agreement between HHUSD and HEUS. In most cases, the POCUS examination provided answers to the most frequent questions in geriatrics (like hydration status, urinary retention). Furthermore, the treatment of randomly screened patients could be optimized. For the determination of organ size a good correlation of the two devices could also be found, so that the examination with HHUSD alone would have been sufficient in these cases. However, more studies are necessary to adopt HHUSD as part of the routine ultrasound examination in geriatrics. Since geriatric patients are multimorbid, several findings of the current study were of no therapeutic consequence at the time of geriatric treatment.

3. Einleitung

Auf Grund der demografischen Veränderungen und der verbesserten medizinischen Versorgung nimmt der Anteil der alten und hochbetagten Patienten in der Akutversorgung ständig zu.¹ Besonders stark wächst die Gruppe der über 80-Jährigen.² In deutschen Krankenhäusern werden die zweitmeisten spezialisierten internistischen Betten von geriatrischen Patienten belegt (kardiologische Patienten sind führend).³

Da hochbetagte Patienten häufiger stationär eingewiesen werden^{4,5} und typischerweise nicht die erwarteten Symptome einer Erkrankung äußern, ist eine Identifikation geriatrischer Patienten sehr wichtig.⁶ Sie zeigen häufig unspezifische Symptome für verschiedene Krankheitsbilder, infolgedessen die Diagnosestellung erschwert sein kann. Manchmal ist es nur die allgemeine Zustandsverschlechterung, die erfasst wird. Bei Akuterkrankungen älterer und hochbetagter Menschen tauchen daher vermehrt Symptome auf: Schwäche, Immobilität, Sturz, Sarkopenie, Mangelernährung, Dehydratation, Schmerzsyndrom, Inkontinenz, Delir usw. Der geriatrische Patient ist meist deutlich über 70 Jahre alt, weist verschiedene behandlungsbedürftige Erkrankungen (Multimorbidität) auf und nimmt eine Vielzahl von Medikamenten (Polypharmazie) ein.^{3,7} Besonders wichtig ist die hinzutretende Funktionseinschränkung durch Muskelmassenverlust, Sarkopenie, Gelenksveränderungen und akut-auf-chronische Schmerzzustände. Zudem bestehen typischerweise Einschränkungen der Verarbeitungsgeschwindigkeit, des Hörens, Sehens und Fühlens (Perzeptionsstörungen), die die Kommunikation sowohl für den Patienten als auch für den behandelnden Arzt erheblich beeinflussen und erschweren können. Zusätzlich können Harn-, Stuhlinkontinenz sowie Schluckstörungen mit hohen Versorgungsaufwänden auftreten. Nicht zuletzt sind die kognitiven und Verhaltensstörungen von entscheidender Bedeutung, insbesondere, wenn sich aus Defiziten echte Krankheiten wie Delir, Demenz und Depression entwickeln. Diese Funktionsstörungen sind in den verschiedenen geriatrischen Basisassessments abgebildet, die versuchen, den geriatrischen Patienten und seine Funktionsstörungen zu erfassen.⁸⁻¹⁴ Auch die metabolische Ebene verändert sich bei den geriatrischen Patienten: der Stoffwechselumsatz geht zurück, es werden

Knochen- und Muskelmasse, funktionsfähiges Immungewebe und Nervengewebe zurückgebildet. Osteoporose mit Frakturen, Malnutrition mit Schwächezuständen und Stürzen, rezidivierende Infekte und Anfälligkeiten sowie Parkinsonerkrankung können die Folge sein. Durch Veränderungen des sozialen Umfeldes, wenn Menschen älter werden und ihre Mitmenschen nach und nach verlieren und andererseits zunehmend abhängig werden, sind neue Versorgungsstrukturen, ambulante Dienste und Hilfsmittel wichtig und entscheidend. Die Rolle des betreuenden Arztes ist also bei diesen Menschen immens wichtig.

Die Herausforderung besteht darin, die Funktionsstörungen zu erkennen, die sich durch die Akuterkrankung und die körperlichen Veränderungen ergeben und den Patienten einschränken. Andererseits führt die facharztspezifische Medizin mit einer leitliniengerechten Behandlung von Haupterkrankungen zur Verordnung von multiplen Medikamenten, die zu neuen Risiken der Interaktion führen, die ihrerseits wieder zu Krankenhauseinweisungen führen.

Der Geriater ist daher für seinen Patienten eher als „sensibler Manager“ zu beschreiben, der sehr genau beobachtet und versteht, der die Chancen und Ressourcen von geriatrischen Patienten erkennt und die Grenzen der Rehabilitationsfähigkeiten genauestens kennt. Gerade das sehr positive Ansprechen auf individuell fokussierte Therapieeinheiten mit einer Stabilisierung der Patienten und Wiedererreichen einer Entlassfähigkeit hat zu einer Ausweitung der Frührehabilitation im Akutsektor geführt. Die frühbeginnende Rehabilitation während der Akutbehandlung zeigt unter Inanspruchnahme und Nutzung eines multiprofessionellen Teams gute bis sehr gute Erfolge bei geriatrischen Patienten.¹⁵ Die professionelle Begleitung von geriatrischen Patienten verlangt auch die Beratung bei notwendigen invasiven Eingriffen, immer vor dem Hintergrund der potentiellen Gefahren postinterventioneller Risiken, die bei Alterspatienten erheblich erhöht sind.

Das Ziel der geriatrischen Behandlung ist es, unter Berücksichtigung aller o.g. Bereiche, die Autonomie der Patienten zu erhalten oder wiederherzustellen, um die Lebensqualität zu verbessern.¹⁶

Um bei Akuterkrankungen eine optimale Behandlung für Alterspatienten zu gewährleisten, ist eine interdisziplinäre multidimensionale Betreuung des geriatrischen Patienten notwendig. Das „multiprofessionelle Team“ wird vom

Geriatrische Geriater geleitet und besteht aus Ärzten verschiedener Fachrichtungen, speziell geschulten Pflegekräften, Ergo- und Physiotherapeuten, Logopäden, Sozialarbeitern, Diätassistenten, (Neuro-) Psychologen und Seelsorgern. Die Ziele der geriatrischen Behandlung sind: Verbesserung der Mobilität, Wiederherstellung der Alltagskompetenz, soziale Einbindung und Optimierung der Lebensqualität.

Es gibt sechs verschiedene Alterspatienten^{17,18}:

- Der ältere Patient ohne wesentliche Vorerkrankungen, der Selbstversorger ist. Dieser Patient kann selbstverständlich ambulant diagnostiziert und behandelt werden (**ambulanter Alterspatient**).
- Der ältere Patient ohne wichtige Funktionsstörungen, der akut erkrankt ist (**internistischer Patient**).
- Der ältere Patient nach operativen Eingriffen mit akutmedizinischen Behandlungsbedarfen und akuten Funktionsstörungen (**akutgeriatrischer Patient**).
- Der ältere Patient nach operativen Eingriffen ohne akutmedizinischen Behandlungsbedarfen und akuten Funktionsstörungen (**rehabilitativer, geriatrischer Patient**).
- Der ältere Patient mit multiplen chronischen nicht therapierbaren Erkrankungen, sekundären Immobilitäten und reinem Versorgungsauftrag (**Heimpatient**).
- Der ältere Patient mit multiplen schweren Erkrankungen im Endstadium, bei dem Schmerzkontrolle und Pflege im Vordergrund stehen (**palliativer Patient**).

Eine spezifische akutinternistische, akutgeriatrische, rehabilitative oder palliative Behandlung für die o.g. Patientengruppen wird entweder im Akutsektor, in einer Rehaklinik oder der Heimversorgung oder Palliativversorgung sowie der hausärztlichen Versorgung im häuslichen Umfeld erfolgen.

Die Hausarztpraxen haben einen Anteil von 60 – 70 % mit ambulanten Alterspatienten und geriatrischen Patienten.^{18,19} Bei akuter Verschlechterung oder Eintreten einer Akuterkrankung wird aus diesem ambulanten Alterspatienten ein akutgeriatrischer Patient mit klinischer

Versorgungsbedürftigkeit. So schließt sich dann wieder der Kreis, wenn der Patient wieder stabilisiert in die hausärztliche Versorgung zurückkehrt und erneut die Rolle des ambulanten Alterspatienten einnimmt.

Gerade in der Schnittstelle zwischen der ambulanten hausärztlichen Versorgung und der klinischen Versorgung könnte daher eine sonografische Screeninguntersuchung bei unklaren Befunden mit einem portablen Ultraschallgerät sinnvoll sein, im Sinne einer erweiterten körperlichen Untersuchung. Dieses kann in der Praxis, aber selbstverständlich auch in der häuslichen Umgebung beim Hausbesuch eingesetzt werden.

Es gibt bisher keine Leitlinie, die den Einsatz eines HHUSDs bei verschiedenen Krankheitsbildern näher beschreibt. Es ist ebenfalls unklar, welche geriatrischen Fragestellungen mit einem portablen Gerät beantwortet werden können.

Die S2e-Leitlinie für Harninkontinenz bei geriatrischen Patienten, Diagnostik und Therapie (AWMF (Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaft) – Registernummer 084 – 001) erwähnte die Sonografie als obligate Untersuchungsmethode des geriatrischen Patienten mit Harninkontinenz.²⁰ Die oberen und unteren Harnwege können damit untersucht werden, um die Ursache und / oder Folge der Harninkontinenz festzustellen. Folgende Pathologien können sonografisch identifiziert werden: Harnblasensteine, -sludge, -raumforderungen, -divertikel, paravesikale Raumforderungen, Prostatavergrößerung, Stauungsniere, Nephrolithiasis, Nierenzysten oder -raumforderungen. Welche dieser Formationen zuverlässig mit einem HHUSD dargestellt werden können, ist noch nicht ausreichend untersucht. In einigen Fällen bietet die POCUS eine schnelle bildgebende Option zur nephrologischen / urologischen Beurteilung des Patienten.²¹

Die S3-Leitlinie zu Screening, Diagnostik, Therapie und Nachsorge des Bauchaortenaneurysmas (AWMF-Registernummer 004 – 014) empfahl ein Ultraschallscreening bei allen Männern > 65 Jahren (Evidenzgrad 1a / Empfehlungsgrad A, starker Konsens) und bei allen Frauen > 65 Jahren mit positiver Raucher-Anamnese (Evidenzgrad 2a / Empfehlungsgrad A, starker Konsens).²² Hiermit wäre abzuleiten, dass jeder männliche geriatrische Patient und jede geriatrische Raucherin / Exraucherin ein Screening erhalten soll. Die Möglichkeit ein portables Gerät anzuwenden wurde von der Leitlinie nicht erwähnt, obwohl mehrere Studien eine gute Reliabilität der Methode

nachgewiesen haben.²³⁻²⁵ Ob ein Screening während einer geriatrischen frührehabilitativen Komplexbehandlung (GFK) durchführbar und für die Patienten vorteilhaft ist, wurde bisher nicht untersucht.

Die farbkodierte Dopplersonografie ist die Methode der ersten Wahl zur Beurteilung der Aorta abdominalis und ihrer Äste, der Becken- und Beinarterien. Wegen der hohen Prävalenz der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit bei geriatrischen Patienten (20 – 32 %) sollte leitliniengerecht das Tasten der Fußpulse routinemäßig durchgeführt werden.²⁶ Die Notwendigkeit eines sonografischen Screenings ggfs. das Einsetzen eines HHUSDs für die Gefäßdiagnostik muss in weiteren Studien erforscht werden.

Portable Ultraschallgeräte

Heutzutage spielt die Ultraschalluntersuchung eine bedeutsame Rolle in der Diagnostik. So kann die Sonografie als Erweiterung der klinischen Untersuchung durchgeführt werden. Hierzu können die tragbaren Geräte dienen.

Die portablen Ultraschallgeräte sind entweder im Laptop- oder im Taschenformat verfügbar. Weiterhin besteht die Möglichkeit ein eigenes Smartphone als Display zu benutzen, indem man eine Sonde an das Handy anschließt. In der Folge werden einige im Markt eingeführte Geräte beschrieben.

Die Firma Siemens bietet unter anderem das ACUSON P500 und das ACUSON Freestyle System an. Das ACUSON P500 System ist verfügbar in Laptopgröße [402 mm (L) x 374 mm (H) x 71,5 mm (B)], wiegt 7,2 kg und bietet den B- und Farbdoppler-Modus.²⁷ Drei verschiedene Schallköpfe können angeschlossen werden: Konvex-, Linear- und Sektorschallkopf. Das ACUSON Freestyle System wiegt 4,8 kg, ist 335 mm (H) x 373 mm (B) x 121 mm (L) groß, hat drei verschiedene Betriebsarten (B-Mode, Farbdoppler und Power-Doppler) und verfügt über drei kabellose Schallköpfe (L8-3: 3 – 8 MHz, L13-5: 5 – 13 MHz, C5-2: 2 – 5 MHz), die durch spezielle Nadelführungssysteme interventionelle Punktionen erlauben.²⁸ Zusätzlich gibt es die Möglichkeit, mit Hilfe einer App ein Tablet mit dem Ultraschallsystem zu verbinden und Bilder oder Clips von überall abzurufen.

Die Firma GE Healthcare stellt im Taschenformat das Vscan extend™ zur Verfügung. Das Gerät wiegt 321 g mit einer Größe von 168 mm x 76 mm x 22 mm und verfügt über eine duale Sonde [129 mm x 39 mm x 28 mm, 120 g, Sektor-

(1,7 – 3,8 MHz) und Linearschallkopf (3,3 – 8 MHz) in einem Gehäuse] und bietet die B-, M-Mode und Farbbildgebung.²⁹ Die Scan-Dauer beträgt 60 Minuten und die Aufladedauer 75 Minuten.

SonoSite bietet im Taschenformat das SonoSite iViz an. Das System wiegt 570 g, ist 183 mm x 117 mm x 27 mm groß (L x B x H), verfügt über B- und M-Mode, Farbdoppler und Power-Doppler sowie vier Ultraschallsonden (P21v: 1 – 5 MHz, C60v: 2 – 5 MHz, L38v: 5 – 10 MHz, L25v: 6 – 13 MHz).³⁰

Mindray M9 von Fujifilm ist ein portables System in Laptopgröße [59 mm (H) x 390 mm (L) x 362 mm (B)] mit einem Gewicht von 5,8 kg, was neben B-Mode, Pulse Wave- und Continuous Wave-Doppler-Untersuchungen auch eine Elastografie und Contrast Imaging erlaubt.³¹

Samsung HM70A with Plus ermöglicht je nach Ausstattung durch die Vielfalt der Sonden (L4-7, LA3-16AD, L7-16, LS6-15, CA1-7AD, C2-6, CF4-9, PE2-4, P3-8, EVN4-9, V5-9, VN4-8) die Anwendung in multiplen medizinischen Gebieten.³² Ein ElastoScan ist ebenso vorhanden. Es handelt sich um ein tragbares Gerät im Laptopformat mit einer Bildschirmdiagonale von 38 cm das durch die externe Zusatzbatterie eine zusätzliche Laufzeit von 2,5 Stunden bereitstellt.

Viamo sv7 ist ein tragbares Gerät im Tabletformat von Canon mit einer Display-Diagonalen von 30 cm und Schallkopf-Frequenzen von 1,5 bis 10 MHz. M-Mode, Farb- und Doppler-Untersuchungen sind mit dem System möglich.³³ Eine Scanzeit ohne Stromanschluss ist für 3 Stunden gesichert.

Philips entwickelte den sogenannten App-basierten Ultraschall. Nach dem Herunterladen der App (Lumify App) für Smartphones oder Tablets, wird die gewünschte Ultraschallsonde an die USB-Schnittstelle des Smartphones / Tablets angeschlossen.³⁴ Folgende Sonden stehen zur Verfügung: S4-1, L12-4 und C5-2. Ein weiteres System von Philips und Braun ist Xperius Cart System im Tabletformat [Größe: 280 mm (L) x 420 mm (B) x 50 mm (H), Gewicht 3,6 kg, Untersuchungszeit ohne Stromanschluss bis 3 Stunden, Schallköpfe L12-4 und C5-2, Modi: 2D, M, Farb- und Power-Doppler].³⁵

Clarius bietet ein mit Android- oder iOS-Mobilgeräten kompatibles drahtloses tragbares Ultraschallgerät an (C3, L7, C7 oder EC7). Hierbei dient das eigene Smartphone als Bildschirm. Das C3-System ist 167 mm (L) x 99 mm (B) x 42 mm (H) groß und wiegt 373 g. Die Laufzeit beträgt 60 Minuten, die Ladezeit 90

Minuten. M-Mode, Farbdoppler, Powerdoppler und Pulse-Wave-Doppler sind verfügbar.³⁶

Multimed bietet unter anderem einen Doppelschallkopf (WiPRO 6 NMFC) an, der via WLAN mit dem Smartphone oder Tablet verbunden werden kann und über B- und Farb-Modi verfügt.³⁷

Alpinion hat zwei verschiedene Schallköpfe entwickelt (L3-12 – 160 g und C1-6 – 165 g), die durch den USB-Anschluss an einem Tablet angeschlossen werden können und über B-, M-, C- und PW-Modi verfügen.³⁸ Die Speicherung der Daten erfolgt über DICOM oder WLAN.

Youkey D8 ist ein kabelloses Ultraschallgerät, das aus verschiedenen Sonden (C5-2Ks, L11-4Ks, C8-5Ks, E10-4Ks, L11-4Gs) besteht und mit dem Smartphone oder Tablet verbunden werden kann.³⁹ Die Verfügbarkeit von B-, M-, C- und PW-Modi erlaubt den Einsatz in mehreren medizinischen Gebieten. Die Speicherung der Daten ist auch über DICOM möglich.

Tabelle 1: Beispiele verfügbare HHUSD für den geriatrischen Ultraschall.

Firma	Produkt	Schallsonden	Gewicht	Modi	Batterie- laufzeit	Dokumen- tation
GE	Vscan	Dual Sonde	441 g	2D, M-Modus,	1 Stunde	DICOM
Health- care	extend™	(Sektor- und Linearschallkopf)		Farbdoppler		USB
Sono- Site	SonoSite iViz	Sektor- oder Linearschallkopf	570 g	2D, M-Modus, Color Velocity Doppler, Color Power Doppler	1 Stunde	DICOM MicroUSB
Philips	Lumify (über App)	Sektor-, Konvex- oder Linear- schallkopf (USB- Anschluss eines Smartphones oder Tablets)	Keine Angabe	2D, M-Modus, Farbdoppler	Keine Angabe	DICOM
Clarius	Clarius (über App)	Konvex-, Linear- oder Sektor- schallkopf (kabellos)	373 g 358 g 353 g	2D, M-Modus, Farbdoppler, Pulse-Wave- Doppler	1 Stunde	DICOM

Multi-med	WiPRO 6 NMFC (kabellos, über App)	Dual Sonde (Konvex- und Linearschallkopf)	Keine Angabe	2D, M-Modus, Farbdoppler	2 – 3 Stunden	Keine Angabe
Alpinion	Minisono (über App)	Konvex- oder Linearschallkopf (mittels USB-Anschluss)	165 g 160 g	2D, M-Modus, Farbdoppler Powerdoppler	Keine Angabe	DICOM
Youkey	Youkey D8 (über App)	Konvex- oder Linearschallkopf	220 g	2D, M-Modus, Farbdoppler, Powerdoppler, Pulse-Wave-Doppler	8 Stunden	DICOM USB

4. Fragestellung

Über die Bedeutung der Sonografie bei geriatrischen Patienten ist wenig bekannt. Die Datenlage wurde von Froehlich et al zusammengefasst.⁴⁰

Leone et al fanden heraus, dass die meisten Geriater über den positiven Einfluss von POCUS auf die Patientenbetreuung überzeugt waren.⁴¹

Ungeklärt ist dabei:

- Ob eine Echoskopie oder konventionelle Sonografie routinemäßig bei geriatrischen Patienten erfolgen sollte?
- Ob die Ultraschalluntersuchung mit einem portablen Gerät vor Ort die konventionelle Untersuchung im Sonografie-Labor mit hochwertigem Ultraschallgerät zumindest teilweise ersetzen kann?
- Ob der Einsatz von einem HHUSD für immobile Patienten im höheren Lebensalter auf einer geriatrischen Station eine geeignete Untersuchungsmethode ist, um bereits bettseitig hinreichend treffsichere Diagnosen zu stellen und Befunde symptomorientiert und ausreichend genau für erforderliche Therapiemaßnahmen zu klären?
- Ob eine Limitation der sonografischen Untersuchung auf spezifische geriatrische Fragestellungen möglich ist und wenn ja, welche geriatrischen Fragestellungen von der Echoskopie beantwortet werden können?
- Ob zusätzliche Informationen durch HEUS diagnostiziert werden, die mit HHUSD nicht gefunden oder übersehen wurden?
- Ob diese Zusatz-Informationen klinisch-praktisch relevant sind oder ob sich daraus weiterführende diagnostische oder therapeutische Konsequenzen ergeben?
- Ob bedeutsame Unterschiede der beiden Gerätetechnologien bezüglich der Auflösung kleiner Strukturen bestehen?
- Ob der Arzt eine spezielle sonografische Erfahrung besitzen soll, um die geriatrischen Fragestellungen beantworten zu können?

Ziel der Studie war die Evaluierung der Sonografie als routinemäßig eingesetztes Verfahren und erweiterte körperliche Untersuchung bei geriatrischen Patienten unter den standardisierten Bedingungen einer geriatrischen Komplexbehandlung von mindestens 14 Tagen. Alle sogenannten geriatrischen Assessments und

auch die Sonografie, erfolgten unabhängig von der Symptomatik des geriatrischen Patienten und somit auch als Screeninguntersuchung zufälliger Befunde.

Weitere Ziele für die Studie waren:

- Überprüfung publizierter Normwerte⁴²⁻⁴⁴ geriatrischer Patienten.
- Bedeutung der Ultraschall-Elastografie als Screening bei geriatrischen Patienten.

5. Patienten und Methoden

5.1. Eingeschlossene Patienten

Es handelte sich um eine prospektive Studie mit 86 Patienten, die in einem Zeitraum von 10 Monaten eingeschlossen wurden. Alle Patienten wurden einer GFK von 14 Tagen oder länger zugeführt und erfüllten somit auch die von der Deutschen Gesellschaft für Geriatrie (DGG) definierten Einschlusskriterien.^{3,7} Ausgeschlossen wurden Patienten, deren Fähigkeit zur Einwilligung eingeschränkt war oder die Teilnahme ablehnten.

5.2. Angewendete Ultraschallgeräte

Es wurden zwei Ultraschallgeräte eingesetzt:

- Ein high-end Ultraschallgerät (HEUS): GE Logiq E9 (Gewicht 140 kg) mit einem konvexen (C1-6D) und einem linearen (9L-D) Schallkopf (GE Medical Systems, Milwaukee, WI, USA),
- Ein portables Ultraschallgerät (handheld ultrasound device – HHUSD) für POCUS Vscan extend™ (0,45 kg) (GE Medical Systems, Milwaukee, WI, USA).

5.3. Untersuchungsmethoden geriatrischer Patienten

5.3.1. Geriatrische Assessments

Erwähnenswert ist, dass ein geriatrischer Patient meistens ein atypisches Krankheitsbild bietet (zum Beispiel erfolgt bei einer Pneumonie die Vorstellung wegen einer Allgemeinzustandsreduktion oder Unruhe bei Harnverhalt). Da die klinischen Befunde nicht immer eindeutig sind und alle drei Ebenen (physische, psychische und soziale Ebene) berücksichtigt werden sollen, kommen in der Geriatrie die sogenannten Assessments (to assess = beurteilen) zum Einsatz.¹⁴ Hiermit werden folgende Faktoren analysiert: der physische und körperliche Zustand, die kognitiven und seelischen Fähigkeiten und die Sozialsituation. Das

funktionelle geriatrische Assessment ist eine spezielle Form der Diagnostik, die verschiedene Funktionsstörungen objektiviert.

Das funktionelle geriatrische Assessment ist ein standardisierter, multidimensionaler, multiprofessioneller und interdisziplinärer Prozess zur Erhebung des Standes der Alltagskompetenz, funktioneller Fähigkeiten oder Einschränkungen, sozialer Einbindung oder Ausgrenzung sowie des Rehabilitationspotenzials, der dazu notwendigen Ressourcen (Pflege- und Hilfsmittel). Dabei werden auch die ökonomischen Ressourcen, das Risikoprofil und die rechtlich-bürokratischen Besonderheiten und Grundlagen (beispielsweise Pflegegesetz, Vollmachten) berücksichtigt.

Im Caritas Krankenhaus Bad Mergentheim wurde die Indikation zu einer geriatrischen frührehabilitativen Komplexbehandlung bereits in der „Zentralen Notaufnahme“ durch den aufnehmenden Arzt überprüft. Falls bestimmte Kriterien erfüllt wurden (beispielsweise rezidivierende Stürze, mehrere Krankenhausbehandlungen in den letzten 12 Monaten, Depression oder Desorientiertheit), wurde ein Geriater hinzugezogen, der die Notwendigkeit einer geriatrischen Behandlung überprüfte. Eine 14-tägige stationäre Behandlungsbedürftigkeit war ebenso eine Voraussetzung für die Durchführung einer GFK.

Im Caritas Krankenhaus wurden folgende Assessments benutzt:

- Geriatrisches Screening modifiziert nach Lachs,
- Barthel-Index,
- Tinetti Test,
- Timed up and go Test,
- Mini Nutritional Assessment,
- Mini Mental Status Examination,
- Geriatric Depression Scale nach Yesavage et al,
- Erhebungsbogen sozialer Status.

Mit Hilfe dem **geriatrischen Screening modifiziert nach Lachs (1990)** werden funktionelle Fähigkeiten beurteilt, die die basalen Aktivitäten des täglichen Lebens kennzeichnen (Sehen, Hören, Arm- und Beinbewegung, Urin- und Stuhlkontinenz, Ernährung, Kurzzeitgedächtnis, Mobilität, Depression, soziale

Anbindung, vorherige Krankenhausaufenthalte, Polypharmazie, Schmerzen).¹³ Wenn diese Aktivitäten nicht selbstständig durchgeführt werden können, brauchen die Patienten 12 – 24 Stunden pro Tag Fremdhilfe. Nach der S1-Leitlinie "Geriatrisches Assessment der Stufe 2" von 2019 (AWMF-Registernummer 084 – 002) dient dieses Screening der Identifizierung der geriatrischen Patienten und wird als Assessment der Stufe 1 bezeichnet.¹⁴

Die nächsten Assessments gehören zu der Stufe 2 der geriatrischen Diagnostik und dienen der Identifikation der Funktionseinschränkungen in der körperlichen, psychischen oder sozialen Ebene und der Beschreibung des Schweregrades der Behinderung.¹⁴

Der **Barthel-Index** wurde ursprünglich zur Beurteilung des funktionellen Status neuromuskulärer und muskuloskelettaler Störungen von D. Barthel und F. Mahoney 1965 (Physiotherapeutin und Ärztin) eingeführt.⁴⁵ Aufgrund der Evaluationsergebnisse zum „Hamburger Einstufungsmanual“ zum Barthel-Index wird die Anwendung dieses Manuals als einheitliches Fundament zur Beschreibung des Barthel-Index in den geriatrischen Einrichtungen empfohlen.^{45,46} Der Barthel-Index überprüft die Selbstständigkeit oder die Abhängigkeit im Alltag (Nahrungsaufnahme, Mobilität und Urin- und Stuhlkontinenz) und ist auch für die Beurteilung des Verlaufs geeignet. Der Test wurde im Caritas Krankenhaus von dem zuständigen Pflegemitarbeiter durchgeführt. Es wurde angekreuzt, was der Patient tatsächlich in seiner Situation tat und nicht das was er machen könnte. Es sollten die Aktionen beurteilt werden, die vom Patienten aus eigenem Antrieb ausgeübt werden. Falls die Fähigkeiten des Patienten tagesabhängig sind, sollten die schlechteren Ergebnisse berücksichtigt werden. Maximal können 100 Punkte erreicht werden. Bei 0 – 30 Punkten gilt der Patient als pflegeabhängig, ist auf ständige Hilfe angewiesen, bei 30 – 80 Punkten als hilfsbedürftig, braucht in einer oder mehreren Situationen Hilfe, bei 85 – 95 Punkten als punktuell hilfsbedürftig.

Der **Tinetti Test** erfasst das Gleichgewicht und die Gangsicherheit und beurteilt damit das Sturzrisiko und die Mobilität des Patienten.⁴⁷ Er wurde von Physiotherapeuten durchgeführt. Maximal können 28 Punkte vergeben werden. Bei < 15 Punkte ist das Sturzrisiko deutlich erhöht, bei 15 – 20 Punkte erhöht, bei 20 – 23 Punkte leicht erhöht, bei 24 – 27 Punkte kein Sturzrisiko, aber möglicherweise ein anderes Hindernis (beispielweise Beinlängendifferenz).

Um bei dem **Timed up and go Test (TUG)** teilzunehmen, muss der Patient minimal beweglich sein, die Nutzung der Hilfsmittel ist erlaubt (zum Beispiel Armlehnen des Stuhls, Gehstock, Rollator).⁴⁸ Der Test wurde von Physiotherapeuten durchgeführt und erfasst die Mobilität der Patienten. Während der Patient saß, wurde er gebeten aufzustehen, 3 Meter zu gehen, sich umzudrehen und anschließend in die ursprüngliche Position (zurückgelehnt im Stuhl) zu zurückzukehren. Dabei wurde die Zeit dokumentiert, die gebraucht wurde, diese Aufforderungen durchzuführen. Der Test gibt Informationen über die Gehfähigkeit und Balance des Patienten. Bei weniger als 10 – 15 Sekunden fällt der Test normal aus, 16 – 19 Sekunden zeigen eine leichte Mobilitätseinschränkung ohne Relevanz in der Alltagstätigkeit, 20 – 29 Sekunden eine deutliche, alltagsrelevante Mobilitätseinschränkung; bei mehr als 30 Sekunden liegt eine schwere Mobilitätseinschränkung vor.

Das **Mini Nutritional Assessment (MNA)** dient der raschen Erfassung einer Unterernährung, ist für eine Verlaufsbeobachtung geeignet; es wurde von Diätassistenten durchgeführt.⁴⁹⁻⁵¹ Der Test besteht aus 2 Teilen: Teil 1 (Screening) und Teil 2 (Assessment). Falls bei dem ersten Teil 12 Punkte von maximal 14 erreicht wurden, lag ein normaler Ernährungszustand vor und die Durchführung des zweiten Teils war nicht mehr nötig. Ein Wert von mindestens 24 Punkten von maximal 30 Punkten in beiden Teilen ist unauffällig. Ein Risiko für eine Mangelernährung besteht bei 17 – 23,5 Punkten, eine Mangelernährung liegt bei < 17 Punkten vor.

Die **Mini Mental State Examination (MMSE)** nach Folstein ist ein zweiteiliger Test zur Evaluierung der Hirnleistung. Im ersten Teil werden Orientiertheit, Aufmerksamkeit, Merkfähigkeit und Kurzzeitgedächtnis überprüft.⁵² Es folgt ein zweiter Teil, in dem Benennen, Lesen und Schreiben sowie visuell-konstruktive Fähigkeiten überprüft werden. Es handelt sich um eine Screeningmethode zur Erfassung von Hirnleistungsstörungen. 25 – 30 Punkte gelten als normal, in diesem Fall liegt keine kognitive Einschränkung vor. Bei 18 – 24 Punkten sind leichte kognitive Störungen anzunehmen, andere Verfahren sollen für weitere Abklärungen angewandt werden. Werden weniger als 18 Punkte erreicht, so ist eine schwere kognitive Einschränkung sehr wahrscheinlich. Die MMSE wurde im Caritas Krankenhaus durch Ergotherapeuten erfasst. Vor der Durchführung des

Tests wurden die vorliegenden Hör- oder Sehstörungen korrigiert (beispielsweise Hörgerät, Brille). Jede Frage wurde laut und deutlich gestellt.

Die **geriatrische Depressions-Skala nach Yesavage et al** dient der Erfassung des emotionalen Empfindens und Abgrenzung zu dementiellen Prozessen (jedoch nicht körperlichen Befindlichkeiten) mit einer Ausnahme: Angst kann nicht ausreichend beurteilt werden.⁵³ Der Test enthält Fragen, welche die Patienten entweder selbstständig (Fragebogen ausfüllen) oder mit Hilfe (zum Beispiel bei Sehstörungen) mit „ja“ oder „nein“ beantworten können. Eine Depression ist möglich, wenn 5 Punkte erreicht werden, bei 6 oder mehr Punkten liegt eine depressive Störung vor. In dem Fall sind weitere Diagnostikverfahren durch Fachpersonal (Psychologen, Psychiater) notwendig.

Für die Erfassung des **sozialen Assessments** hat der Sozialdienst des Caritas Krankenhauses einen Fragebogen erarbeitet, der zur raschen Erfassung der sozialen Einbindung beziehungsweise Abgrenzung diene. Unterstützung, soziale Kontakte, Mobilität, finanzielle Faktoren und Wohnsituation wurden nachgefragt.

5.3.2. Untersuchungsmethodik

Alle GFK-Patienten wurden über die Studieninhalte informiert und gefragt, ob die Teilnahme an der Studie erwünscht war. Drei Patienten lehnten die Teilnahme ab und weitere vier konnten sich aufgrund schwerer neurologischer Defizite oder Demenz nicht selbst dazu äußern. 86 Patienten willigten ein und wurden, mit einer Ausnahme, von derselben Untersucherin mittels HEUS und HHUSD untersucht. Es erfolgte eine systematische Untersuchung des Abdomens (inklusive Leber und Screening-Untersuchung mittels FibroScan), der basalen Abschnitte des Thorax und der Schilddrüse.

Die Untersucherin war eine Fachärztin für Innere Medizin und befand sich in der Weiterbildung für Gastroenterologie mit entsprechenden Ultraschallfähigkeiten. Die Ultraschalluntersuchung erfolgte bei 64/86 (74,4 %) der Patienten als Screening, also ohne indizierende Symptomatik und somit ohne klinische Fragestellung.

Zuerst wurden die Patienten mit HHUSD am Patientenbett untersucht. Die Untersuchung mit HEUS erfolgte im Sonografie-Labor innerhalb der nächsten

sieben Tage. Bei einem Patienten erfolgte HEUS vor HHUSD aufgrund einer dringlichen Indikation.

Die Ergebnisse wurden in diagnostisch und / oder therapeutisch klinisch-relevante und nicht relevante Befunde klassifiziert.⁵⁴ Eine Relevanz wurde gesehen, wenn in Folge des Ultraschallbefundes eine Laboruntersuchung, eine interventionelle oder therapeutische Maßnahme erfolgte.

Die Untersuchungsregionen wurden unterteilt in folgende Abschnitte:

- Abdomen inklusive Leber,
- Thorax und
- Schilddrüse.

Alle Patienten wurden in Rückenlage untersucht.

Folgende Strukturen wurden analysiert:

Abdomen

- Leber [fokale Veränderungen (Zysten, Metastasen, Hämangiom, fokale Minderverfettung), diffuse Veränderungen (Fettleber, Leberzirrhose), Arteria hepatica communis (Durchmesser 2 – 3 cm nach dem Abgang aus dem Truncus coeliacus) und Arteria hepatica propria (Flussprofil, Messung im 10. Interkostalraum (ICR) rechts in der vorderen Axillarlinie), Vena portae und rechte Lebervene (Größe und Flussprofil, Messung im 10. ICR rechts in der vorderen Axillarlinie, ohne Atemmanöver, extrahepatisch für Vena portae und 5 – 6 cm distal der Konfluenz der Lebervenen für die rechte Lebervene), Ductus hepatocholedochus (Durchmesser am Leberhilus bzw. der größte Durchmesser bei Dilatation, Choledocholithiasis), intrahepatische Cholestase],
- Gallenblase (Sludge oder Cholezystolithiasis),
- Pankreas (Größe des Kopfs – der links-rechts und kraniokaudale Durchmesser, Korpus – der anteroposteriore Durchmesser, Kauda – gemessen im 10. ICR links, am Milzhilus, Ductus pancreaticus – der größte Durchmesser im Kopf / Korpus, fokale Läsionen),
- Milz (Längsdurchmesser, fokale Läsionen, Vorhandensein von Nebenmilzen),

- Nieren (Längsdurchmesser, fokale Läsionen, Harnaufstau),
- Harnblase (Sludge oder Lithiasis, Harnverhalt),
- Prostata (Homogenität, Größe),
- Darm (pathologische Darmkokarde),
- Peritoneum (Aszites),
- Vena cava inferior (maximaler und minimaler Durchmesser – gemessen von subkostal, 1 – 2 cm vor der Einmündung in den rechten Vorhof, Kollapsindex),
- Aorta (Größe – der links-rechts Durchmesser, bzw. der größte Durchmesser bei pathologischer Größe, Aortenaneurysma).

Thorax

- Pleura (Pleuraerguss, infiltrative Veränderungen, B-Linien),
- Perikard (Perikarderguss).

Schilddrüse

- Schilddrüse (Echogenität, Größe, fokale Läsionen).

5.4. Bildqualität

Die Bildqualität wurde für jeden anatomischen Bereich als gut, ausreichend oder unzureichend bezeichnet.

Um die Bildauflösung zu beurteilen wurden kleine Strukturen wie Ductus hepatocholedochus, Ductus pancreaticus, Vena portae und Vena hepatica dextra gemessen.

5.5. Dokumentation

Die Dokumentation und die Interpretation erfolgten direkt nach der Untersuchung. Die Normwerte aus bisher publizierten Studien wurden übernommen um die Intervallbereiche zu definieren.⁴²⁻⁴⁴ Später wurden die Daten in einer Excel-Tabelle eingegeben und pseudonymisiert.

5.6. Ethikvotum

Die Arbeit erhielt das Ethikvotum der Ethik-Kommission der Landesärztekammer Baden-Württemberg.

5.7. Biometrie

Eine statistische Beratung ist erfolgt. Die Arbeit wurde von Herrn Dr. rer. med. Hanns Ackermann (Statistiker der Universitätsklinik Frankfurt) begleitet. Nach der statistischen Arbeit von Landis und Koch⁵⁵ würde man am Signifikanzniveau $\alpha = 5\%$ und bei einer Power von 80% für die primäre Zielgröße Cohen's Kappa eine Patientenzahl von 88, bei einer Power von 78% eine Patientenzahl von 86 errechnen (was der finalen Fallzahl entsprach).

Als „Goldstandard“ wurden die pathologischen Befunde, die mit HEUS festgestellt wurden, angenommen. So wurden die HHUSD-Ergebnisse als „falsch positiv“ oder „falsch negativ“ bezeichnet. Die Sensitivität und Spezifität ließen sich berechnen.

Neben der einfachen statistischen Auswertung (Mittelwert, Standardabweichung, Median, Minimum, Maximum) zur Beschreibung der Patientendaten kamen fünf Vergleichstests zur Anwendung.

Die statistische Methode, bezogen auf die Hauptzielgröße, erfolgte mittels Cohen's Kappa-Test, der ein statistischer Test für die Interrater-Reliabilität von Bewertungen von normalerweise zwei Beurteilern ist.

In einem zweiten Schritt wurde der diagnostische und therapeutische Nutzen deskriptiv untersucht. Hier kam der McNemar-Test zur Anwendung, um den Unterschied beider Methoden bzgl. relevanter und nicht relevanter Befunde zu evaluieren. Dieser Test prüfte die Abweichung der Methoden.

Zunächst wurde das Bland-Altman-Diagramm angewendet, um den Vergleich der beiden Untersuchungsmethoden darzustellen. Hierbei handelte sich um eine optische Beurteilung der Schwankungsbreite der Abweichung.

Um die Gleichheit der erhobenen Messwerte beider Geräte zu überprüfen, wurde der Wilcoxon-Test appliziert, der die Mediane berücksichtigt. Im Vergleich dazu prüft der t-Test anhand der Mittelwerte die Gleichheit zweier Methoden.

Der Untersucher war kein Confounding Faktor, da es lediglich eine Untersucherin gab.

6. Ergebnisse

6.1. Patientenmerkmale und festgestellte Befunde

Insgesamt wurden 86 Patienten mit beiden Geräten untersucht. Um die Vorerkrankungen zu erfassen, wurden die Entlassungsberichte analysiert. Die Laborbefunde bei der Aufnahme wurden anhand der Arztbriefe erhoben.

Grob je ein Drittel hatten neurologische, orthopädische oder medizinische Hauptdiagnosen (Neurologie 33/86 (38,4 %), Orthopädie 23/86 (26,7 %), Innere Medizin 30/86 (34,9 %)).

Alle Patienten erfüllten die von der DGG geforderten Kriterien für geriatrische Patienten³:

- Alter > 70 Jahre,
- zwei behandlungsbedürftige Erkrankungen und
- multimorbiditätsbedingte akute Funktionsstörungen in mindestens zwei Bereichen.

Alter

Das mittlere Alter lag bei $84 \pm 5,6$ (66 bis 95) Jahre, 50/86 (58,1 %) waren weiblich und 36/86 (41,9 %) männlich.

Erkrankungen

Die Patienten wiesen im Mittel 9,4 Nebendiagnosen auf und erhielten im Mittel 9,0 Medikamente.

Funktionsstörungen

- Kognitive Defizite: im Mittel aller erfassten kognitiven Assessments bestand ein Wert von 20,5 Punkten im MMSE (Normwert > 26 Punkte; neurologische Patienten 15,4 Punkte, orthopädische Patienten 20,7 Punkte, internistische Patienten 23,2 Punkte).
- Lokomotionsstörungen: Alle Patienten zeigten Lokomotionsstörungen mit Verlangsamung (TUG 45,1 Sekunden (Normwert 10 – 15 Sekunden); neurologische Patienten 45 Sekunden, orthopädische Patienten 80

Sekunden, internistische Patienten 23 Sekunden) und Gleichgewichtsstörungen oder Sturzgefahr (Tinetti Test 8,7 Punkte (Normwert 24 – 27 Punkte); neurologische Patienten 6,0 Punkte, orthopädische Patienten 6,9 Punkte, internistische Patienten 11,0 Punkte).

- Einschränkungen der Autonomie: Der Barthel-Index bei Aufnahme war im Mittel 33 Punkte (Normwert > 80 Punkte; neurologische Patienten 10 Punkte, orthopädische Patienten 30 Punkte, internistische Patienten 23 Punkte) bei Entlassung 51 Punkte (neurologische Patienten 27 Punkte, orthopädische Patienten 46 Punkte, internistische Patienten 66 Punkte).
- Nutritive Störungen: die erfassten MNA-Werte zeigten im Mittel einen Wert von 17,5 Punkte (Normwert > 24 Punkte).

Alle geriatrischen Patienten konnten auf Grund der Akutdiagnose und der Behandlungsintensivität als akutgeriatrische Patienten eingestuft werden. Die Indikation einer geriatrischen frührehabilitativen Komplextherapie wurde nach dem durchgeführten Konsil bei allen Patienten gestellt. Die Durchführung konnte letztlich auf Grund der Schwere der Einschränkungen, auf Grund von Ablehnung, Komplikationen oder Tod nur bei 33/86 (38,3 %) realisiert und abgeschlossen werden.

Tabelle 2: Patientenmerkmale: Vorerkrankungen.

Patientenzahl	Vorerkrankung
1/86 (1,2 %)	Unterernährung (BMI < 18,5)
22/86 (25,5 %)	Übergewicht (BMI > 25)
18/86 (20,9 %)	Adipositas (BMI > 30)
66/86 (76,7 %)	Arterielle Hypertonie
20/86 (23,3 %)	Diabetes mellitus
21/86 (24,4 %)	Chronische Niereninsuffizienz
13/86 (15,1 %)	Koronare Herzkrankheit
20/86 (23,3 %)	Hirnfarkt
10/86 (11,6 %)	Bekanntes Malignom / Z.n. Malignom
25/86 (29,0 %)	Hypothyreose

Andere Schilddrüsenerkrankungen:

1/86 (1,2 %)	- Struma
1/86 (1,2 %)	- Hashimoto
1/86 (1,2 %)	- Adenome
2/86 (2,3 %)	- Hyperthyreose

Tabelle 3: Patientenmerkmale: Laborwerte.

Parameter	Normal	↑	↓	Keine Angabe
Hämoglobin (Hb)	16/86 (18,6 %)	0	45/86 (52,3 %)	25/86 (29,0 %)
Kreatinin	36/86 (41,9 %)	40/86 (46,5 %)	0	21/86 (24,4 %)
TSH (Thyreotropin)	37/86 (43,0 %)	5/86 (5,8 %)	2/86 (2,3 %)	42/86 (48,8 %)
HbA1c	23/86 (26,7 %)	7/86 (8,1 %)	0	56/86 (65,1 %)
Cholesterin	18/86 (20,9 %)	9/86 (10,5 %)	0	59/86 (68,6 %)
LDL-Cholesterin	24/86 (27,9 %)	3/86 (3,5 %)	0	59/86 (68,6 %)
GGT (Gamma-Glutamyltransferase)	28/86 (32,6 %)	26/86 (30,2 %)	0	29/86 (33,7 %)
GPT (Alanin-Aminotransferase)	49/86 (57,0 %)	8/86 (9,3 %)	0	29/86 (33,7 %)
AP (alkalische Phosphatase)	50/86 (58,1 %)	7/86 (8,1 %)	0	29/86 (33,7 %)

64/86 (74,4 %) Patienten erhielten eine Ultraschalluntersuchung als Screening, bei den restlichen Patienten bestand mindestens eine klinische Fragestellung.

Die Indikationen der Untersuchung waren:

- Tumorsuche bei 8/86 (9,3 %) Patienten,
- Anämie bei 5/86 (5,8 %) Patienten,
- Leberwert-Erhöhung bei 5/86 (5,8 %) Patienten,
- Dyspnoe bei 5/86 (5,8 %) Patienten,
- Frage nach Milzpathologien bei 2/86 (2,3 %) Patienten,
- Gewichtsverlust bei 1/86 (1,2 %) Patienten,
- Infektfokussuche bei 1/86 (1,2%) Patienten,
- Durchfall bei 1/86 (1,2 %) Patienten,
- Frage nach intraabdominalem Hämatom bei 1/86 (1,2 %) Patienten,
- Kontrolle bei bekanntem Bauchaortenaneurysma bei 1/86 (1,2 %) Patienten.

Ursächlich für eine eingeschränkte Bildqualität waren: Defizite der Mobilität, mangelhafte Mitarbeit bei Hypakusis, Adipositas oder Verbände. Bei 27/86 (31,4 %) Untersuchungen mit HHUSD wurde die Bildqualität als gut bewertet, mit HEUS bei 26/86 (30,2 %). Die Bildqualität war ausreichend bei 57/86 (66,3 %) HHUSD-Untersuchungen und bei 58/86 (67,4 %) HEUS-Untersuchungen. Unzureichend war die Bildqualität bei 2/86 (2,3 %) Untersuchungen mit beiden Geräten.

Folgende pathologischen Befunde wurden festgestellt:

Abdomen

- Leberzysten bei 9/86 (10,4 %) Patienten mit HEUS, 2 falsch negative Ergebnisse mit HHUSD,
- Echoarme Fettverteilungsstörungen bei 4/86 (4,7 %) Patienten mit HEUS, 4 falsch negative Ergebnisse mit HHUSD,
- Leberhämangiome bei 1/86 (1,2 %) Patienten mit HEUS, 1 falsch negatives Ergebnis mit HHUSD,
- Metastasenverdächtige Läsionen bei 1/86 (1,2 %) Patienten mit HEUS und HHUSD,
- Fettleber bei 23/86 (26,7 %) Patienten mit HEUS, 3 falsch negative Ergebnisse mit HHUSD,
- Leberzirrhose bei 2/86 (2,3 %) Patienten mit HEUS, 1 falsch negatives Ergebnis mit HHUSD,

- Gallenblasensludge bei 5/86 (5,8 %) Patienten mit HEUS, 1 falsch negatives Ergebnis mit HHUSD,
- Cholezystolithiasis bei 28/86 (32,6 %) Patienten mit HEUS, 5 falsch negative Ergebnisse mit HHUSD,
- Choledocholithiasis bei 2/86 (2,3 %) Patienten mit HEUS, 1 falsch negatives Ergebnis mit HHUSD,
- Splenomegalie bei 2/86 (2,3 %) Patienten mit HEUS und HHUSD,
- Nebenmilze bei 1/86 (1,2 %) Patienten mit HEUS und HHUSD,
- Milzinfarkte bei 1/86 (1,2 %) Patienten mit HEUS und HHUSD,
- Zystische Formationen im Pankreas bei 6/86 (7,0 %) Patienten mit HEUS, 2 falsch negative Ergebnisse mit HHUSD,
- Nierenzysten bei 24/86 (27,9 %) Patienten mit HEUS, 6 falsch negative Ergebnisse mit HHUSD,
- Nierenverkalkungen bei 1/86 (1,2 %) Patienten mit HEUS und HHUSD,
- Ampulläres Nierenbecken bei 2/86 (2,3 %) Patienten mit HEUS, 1 falsch negatives und 1 falsch positives Ergebnis mit HHUSD,
- Harnaufstau bei 1/86 (1,2 %) Patienten mit HHUSD als falsch positives Ergebnis,
- Harnblasendivertikel bei 1/86 (1,2 %) Patienten mit HEUS und HHUSD,
- Stein oder Sediment in der Harnblase bei 2/86 (2,3 %) Patienten mit HEUS und HHUSD,
- Harnverhalt bei 1/86 (1,2 %) Patienten mit HHUSD, Therapie vor der Untersuchung mit HEUS erfolgt,
- Pathologische Darmkokarde bei 1/86 (1,2 %) Patienten mit HEUS und HHUSD,
- Aszites bei 4/86 (4,7 %) Patienten mit HEUS, 1 falsch positives Ergebnis mit HHUSD,
- Dilatation der Vena cava inferior (als Zeichen für eine Rechtsherzbelastung) bei 9/86 (10,4 %) Patienten mit HEUS, 2 falsch negative und 1 falsch positives Ergebnisse mit HHUSD,
- Bauchaortenaneurysma bei 3/86 (3,4 %) Patienten mit HEUS und HHUSD.

Thorax

- Pleuraerguss rechtsseitig bei 16/86 (18,6 %) Patienten mit HEUS, 2 falsch negative und 2 falsch positive Ergebnisse mit HHUSD,
- Pleuraerguss linksseitig bei 27/86 (31,4 %) Patienten mit HEUS, 5 falsch positive Ergebnisse mit HHUSD,
- Lungeninfiltrate bei 2/86 (2,3 %) Patienten mit HEUS, 1 falsch negatives Ergebnis mit HHUSD,
- B-Linien bei 5/86 (5,8 %) Patienten mit HEUS und HHUSD,
- Dystelektasen der rechten Lunge bei 2/86 (2,3 %) Patienten mit HEUS und HHUSD,
- Perikarderguss bei 6/86 (7,0 %) Patienten mit HEUS, 2 falsch positive Ergebnisse mit HHUSD.

Schilddrüse

- Zysten bei 18/86 (20,9 %) Patienten mit HEUS, 6 falsch negative Ergebnisse mit HHUSD,
- Verkalkungen bei 6/86 (7,0 %) Patienten mit HEUS, 1 falsch positives Ergebnis mit HHUSD,
- Knoten bei 26/86 (30,2 %) Patienten mit HEUS, 2 falsch negative und 1 falsch positives Ergebniss mit HHUSD.

Tabelle 4: Mittlerer Parameter für verschiedene Strukturen: HHUSD vs. HEUS (statistisch relevanter Unterschied bei $p < 0,05$).

Parameter	Gemessener mittlerer Wert mit HHUSD $\pm$ SD (min – max)	Gemessener mittlerer Wert mit HEUS $\pm$ SD (min – max)	p durch Wilcoxon- Test	p durch t-Test
Durchmesser für die Arteria hepatica communis (mm)	5,2 $\pm$ 1,48 (2,5 – 9,0)	5,3 $\pm$ 1,34 (2,9 – 8,0)	0,61	0,49
Durchmesser der Vena portae (cm)	1,0 $\pm$ 0,22 (0,4 – 1,5)	1,0 $\pm$ 0,22 (0,5 – 1,5)	< 0,05	< 0,05
Durchmesser der Vena hepatica dextra (mm)	6,3 $\pm$ 2,54 (1,7 – 18,0)	7,0 $\pm$ 2,18 (1,7 – 14,0)	< 0,05	< 0,05

Durchmesser des Ductus hepatocholedochus (mm)	6,7 ± 2,40 (3,2 – 18,0)	6,8 ± 2,20 (3,7 – 15,0)	0,47	0,47
Links-rechts Durchmesser des Pankreaskopfes (cm)	2,6 ± 0,73 (0,9 – 4,8)	2,5 ± 0,65 (1,2 – 4,5)	0,29	0,19
Kraniokaudaler Durchmesser des Pankreaskopfes (cm)	6,0 ± 1,45 (2,2 – 9,8)	6,0 ± 1,34 (2,5 – 8,9)	0,98	0,92
Anteroposteriorer Durchmesser des Pankreaskorpus (cm)	1,5 ± 0,49 (0,6 – 2,8)	1,3 ± 0,40 (0,5 – 2,5)	< 0,05	< 0,05
Durchmesser der Pankreaskauda (cm)	2,3 ± 0,67 (1,1 – 4,2)	1,97 ± 0,49 (0,8 – 3,5)	< 0,05	< 0,05
Durchmesser des Ductus pancreaticus (mm)	2,5 ± 0,77 (1,0 – 4,7)	2,4 ± 0,85 (1,0 – 4,5)	0,6	0,4
Längsdurchmesser der Milz (cm)	9,2 ± 1,93 (4,8 – 15,3)	9,3 ± 1,98 (3,1 – 15,1)	0,68	0,6
Durchmesser für die Aorta abdominalis (cm)	2,0 ± 0,68 (1,0 – 5,1)	2 ± 0,55 (1,1 – 4,3)	0,81	0,94
Maximaler Durchmesser der Vena cava inferior (cm)	1,6 ± 0,65 (0,6 – 4,2)	1,7 ± 0,61 (0,5 – 4,3)	0,19	0,059
Minimaler Durchmesser der Vena cava inferior (cm)	0,8 ± 0,77 (0,0 – 4,0)	0,8 ± 0,71 (0,0 – 4,0)	0,87	0,8
Längsdurchmesser der linken Niere (cm)	9,2 ± 1,19 (6,0 – 11,3)	9,8 ± 1,27 (5,5 – 12,1)	< 0,05	< 0,05
Längsdurchmesser der rechten Niere (cm)	9,3 ± 1,04 (6,8 – 11,7)	9,8 ± 1,19 (7,0 – 12,6)	< 0,05	< 0,05
Volumen der Prostata (ml)	31,0 ± 22,69 (8,0 – 101,0)	30,1 ± 15,88 (8,0 – 60,0)	0,57	0,89
Volumen des rechten Schilddrüsenlappens (ml)	4,6 ± 3,66 (0,3 – 17,4)	5,6 ± 5,92 (0,4 – 46,0)	0,23	< 0,05
Volumen des linken Schilddrüsenlappens (ml)	4,0 ± 3,51 (0,3 – 18,0)	4,3 ± 5,04 (0,2 – 31,0)	0,58	0,37

Insgesamt wurde bei 28/86 (32,6 %) Patienten eine Empfehlung aufgrund der sonografischen Befunde gegeben.

Bei 19/86 (22,0 %) Patienten fand sich eine diagnostische oder therapeutische Konsequenz:

- Bei 4/86 (4,7 %) Patienten mit postoperativer Flüssigkeitsgabe und sonografisch Zeichen für eine Rechtsherzbelastung wurde die Infusionsgabe eingeschränkt.
- Bei weiteren 7/86 (8,1 %) Patienten mit Pleuraergüssen erfolgte eine Einleitung / Intensivierung der Diuretikatherapie, bei einem dialysepflichtigen Patienten (1/86 (1,2 %)) wurde die Dialyse mit einer Minusbilanz durchgeführt.
- Bei 2/86 (2,3 %) Patienten fand eine Pleurapunktion statt.
- Bei 1/86 (1,2 %) Patienten wurde sonografisch der V. a. Kolonkarzinom mit Lebermetastasierung gestellt. Nach Rücksprache mit dem Patienten und den Angehörigen erhielt er eine best supportive care.
- Ein Patient (1/86 (1,2 %)) mit sonografischen Zeichen für eine Choledocholithiasis wurde aufgrund des reduzierten Allgemeinzustands, stabilen Cholestaseparametern und fehlendem Fieber konservativ mittels Antibiotika behandelt.
- Ein weiterer Patient (1/86 (1,2 %)) erhielt nach der sonografischen Untersuchung mit Vscan extend™ aufgrund eines Harnverhalts mit beidseitigem Nierenaufstau einen Dauerkatheter.
- Bei einem Patienten (1/86 (1,2 %)) wurden aufgrund leicht erhöhter Transaminasen und sonografisch vergrößerten Lymphknoten am Leberhilus eine Virusserologie abgenommen und eine Hepatitis C diagnostiziert. Bei dem gleichen Patienten konnte bei sonografisch vergrößerter Prostata und erhöhtem PSA-Wert ein Prostatakarzinom mittels Biopsie diagnostiziert werden.
- Bei einem Patienten (1/86 (1,2 %)) konnte ein Bauchaortenaneurysma als Erstdiagnose gefunden werden. Eine operative Versorgung war nicht notwendig, es wurde eine sonografische Kontrolle in 6 Monaten angeraten.
- Bei 1/86 (1,2 %) Patienten mit sonografisch Choledocholithiasis wurden die Cholestaseparameter kontrolliert. Aufgrund des Patientenwunsches wurde auf eine endoskopische retrograde Cholangiografie während der GFK verzichtet.

9/86 (10,4 %) Patienten zeigten sonografisch auffällige Befunde, die aufgrund des zum Zeitpunkt der Untersuchung reduzierten Allgemeinzustandes nicht weiter abgeklärt wurden:

- 6/86 (7,0 %) Patienten mit zystischen Pankreasläsionen: es wurde eine sonografische Kontrolle in 6 Monaten empfohlen.
- 2/86 (2,3 %) Patienten mit nicht bekannten Schilddrüsenknoten: sonografische Kontrolle einmal jährlich angeraten.
- 1/86 (1,2 %) Patient mit sonografisch vergrößerter Prostata: urologische Vorstellung im Verlauf / ambulant.

6.2. Erhobene Befunde Abdomensonografie mit dem handheld ultrasound device vs. high-end ultrasound

Insgesamt wurden folgende Befunde erfasst:

Tabelle 5: Erhobene Befunde Abdomensonografie.

Pathologie	Prävalenz	Falsch negativ	Falsch positiv	Sensitivität	Spezifität
Leberzysten	10,4 % (9/86)	2	0	81,82 %	100,00 %
Echoarme	4,7 % (4/86)	4	0	50,00 %	100,00 %
Fettverteilungsstörungen der Leber					
Leberhämangiom	1,2 % (1/86)	1	0	50,00 %	100,00 %
Metastasenverdächtige Läsion der Leber	1,2 % (1/86)	0	0	100,00 %	100,00 %
Fettleber	26,7 % (23/86)	3	0	88,46 %	100,00 %
Leberzirrhose	2,3 % (2/86)	1	0	66,67 %	100,00 %
Gallenblasensludge	5,8 % (5/86)	1	0	83,33 %	100,00 %
Cholezystolithiasis	32,6 % (28/86)	5	0	84,85 %	100,00 %
Choledocholithiasis	2,3 % (2/86)	1	0	66,67 %	100,00 %
Zystische Formationen im Pankreas	7,0 % (6/86)	2	0	75,00 %	100,00 %
Milzinfarkt	1,2 % (1/86)	0	0	100,00 %	100,00 %
Splenomegalie	2,3 % (2/86)	0	0	100,00 %	100,00 %
Nebenmilz	1,2 % (1/86)	0	0	100,00 %	100,00 %

Nierenzysten	27,9 % (24/86)	6	0	80,00 %	100,00 %
Nierenverkalkung	1,2 % (1/86)	0	0	100,00 %	100,00 %
Ampulläres	1,2 % (1/86)	1	1	66,67 %	98,82 %
Nierenbecken					
Harnaufstau	0,0 %	0	1	-	98,85 %
Stein / Sediment in der	2,3 % (2/86)	0	0	100,00 %	100,00 %
Harnblase					
Harnblasendivertikel	1,2 % (1/86)	0	0	100,00 %	100,00 %
Harnverhalt	0,0 %	0	0	-	100,00 %
Pathologische	1,2 % (1/86)	0	0	100,00 %	100,00 %
Darmkokarde					
Aszites	4,6% (4/86)	0	1	100,00 %	98,80 %
Vena cava inferior	10,5 % (9/86)	2	1	81,82 %	98,72 %
Dilatation					
Bauchaortenaneurysma	3,5 % (3/86)	0	0	100,00 %	100,00 %

Zur Feststellung von **fokalen Leberläsionen** zeigte der Cohen's Kappa eine beachtliche Übereinstimmung ($k = 0,66$). Der McNemar Test zeigte einen statistisch signifikanten Unterschied ($p = 0,02$). Bei 9/86 (10,5 %) Patienten konnten Leberzysten festgestellt werden, mit HHUSD zeigten sich 2 falsch negative Befunde. 4/86 (4,7 %) Patienten hatten eine echoarme Fettverteilungsstörung, diese wurde mit HHUSD in allen Fällen übersehen. Eine weitere fokale Läsion der Leber, die übersehen wurde, war ein Leberhämangiom bei einem einzigen Patienten (1/86 (1,2 %)).

Mittels Cohen's Test konnte die Übereinstimmung bei der Darstellung von diffusen Leberveränderungen festgestellt werden ($k = 0,88$). 23/86 (26,7 %) Patienten hatten eine Fettleber, das HHUSD ergab 3 falsch negative Fälle. Zur Detektion der Leberzirrhose (2/86 (2,3 %) Patienten) erwies sich die HHUSD-Untersuchung als nicht ausreichend, eine Leberzirrhose (1/86 (1,2 %) Patienten) wurde übersehen.

Für die elastografische Messung der Leber wurde die transiente Elastografie mittels **FibroScan** angewendet. Die Sonde wurde im 10. ICR rechts auf der vorderen Axillarlinie platziert. Die Messwerte wurden erst dokumentiert, wenn 10 gültige Messungen erreicht werden konnten. Bei einem Patienten (1/86 (1,2 %)) erfolgte keine Untersuchung mit dem FibroScan, bei 21/86 (24,4 %) Patienten

konnte kein Wert erhoben werden. Der mittlere Messwert lag bei $8,58 \pm 6,62$ (1,5 – 48). Davon zeigte sich bildgebend bei 12/86 (14,0 %) Patienten mit beiden Geräten und 3/86 (3,4 %) weiteren Patienten mittels HEUS eine Fettleber, bei 1/86 (1,2 %) Patienten mit beiden Geräten und bei 1/86 (1,2 %) Patienten mittels HEUS eine Leberzirrhose.

Bei der Untersuchung der Lebergefäße wurde versucht, die folgenden Kriterien zu erfüllen⁵⁶:

- Der Einschallwinkel soll kleiner als 60° sein.
- Das zu untersuchende Gefäß soll für 2 – 3 cm gerade verlaufen.

Die Durchführung der dopplersonografischen Messungen bei geriatrischen Patienten scheint im Vergleich zu jüngeren Probanden problematisch zu sein. Die Ursachen der erschwerten Schallbedingungen waren:

- Die leichte Linksseitenlage mit eleviertem rechten Arm ist kaum möglich bei Immobilität.
- Mangelhafte Atemruhelage bei Hypakusis, Dyspnoe oder kognitiver Störung.

Nach dem Abgang aus Truncus coeliacus verläuft die **Arteria hepatica communis (AHC)** zunächst parallel zu der Bauchdecke, was zu einem ungünstigen Schallwinkel führt. Diesbezüglich wurde in dieser Studie auf die dopplersonografische Untersuchung verzichtet. Es wurde lediglich der Durchmesser der AHC 2 – 3 cm nach dem Abgang dokumentiert. Die Arteria hepatica communis konnte bei 54/86 (62,8 %) Patienten mit HHUSD und bei 61/86 (70,9 %) Patienten mit HEUS gemessen werden ($p = 0,12$ durch McNemar Test; mittelmäßige Übereinstimmung durch Cohen's Kappa: $k = 0,6$). Der mittlere Wert war $5,2 \pm 1,48$ mm (2,5 – 9) mit HHUSD und $5,3 \pm 1,34$ mm (2,9 – 8) mit HEUS. Mittels Wilcoxon-Test ($p = 0,61$) und t-Test ($p = 0,49$) konnte die Gleichheit der Messwerte nachgewiesen werden.

Abbildung 1: Bland-Altman-Diagramm für Arteria hepatica communis in mm.

Für die Darstellung der **Arteria hepatica propria** (normalerweise geschlängelter Verlauf) wurde die Pulsrepetitionsfrequenz teilweise justiert bis ein Aliasing-Phänomen erkennbar war. Arteria hepatica propria (AHP) wurde von interkostal im 10. ICR in der vorderen Axillarlinie steil angelotet. Folgende Parameter wurden mit HEUS erhoben: maximale systolische Geschwindigkeit (PSV), minimale enddiastolische Geschwindigkeit (EDV) und der Widerstandsindex (RI). Bei 1/86 (1,2 %) Patienten wurde die Untersuchung nicht durchgeführt, bei weiteren 26/86 (30,2 %) Patienten konnte die AHP nicht ausreichend identifiziert werden.

Tabelle 6: Messungen Arteria hepatica propria.

Parameter	Erhobener Wert mit HEUS
PSV (cm/s)	44,07 ± 17,07 (21,0 – 101,0)
EDV (cm/s)	10,44 ± 4,33 (4,0 – 31,0)
RI	0,75 ± 0,07 (0,6 – 0,9)

Altersbedingte Änderungen des Durchmessers und der Flussgeschwindigkeit der AHP konnten nicht nachgewiesen werden.

Tabelle 7: Erhobene Werte für AHP für vier verschiedene Altersgruppen.

Alters- gruppe	Gerät	66 – 70 Jahre	71 – 80 Jahre	81 – 90 Jahre	Über 90 Jahre
Patientenzahl		3/86 (3,4 %)	18/86 (20,9 %)	54/86 (62,8 %)	11/86 (12,8 %)
Durchmesser (cm) ± SD	HHUSD	3,7 ± 0,0	5,1 ± 1,63	5,4 ± 1,50	4,9 ± 0,74
	HEUS	4,0 ± 0,45	5,6 ± 1,50	5,2 ± 1,28	5,5 ± 1,23
Vmax (cm/s) ± SD	HEUS	38,0 ± 8,0	43,6 ± 14,55	43,2 ± 18,46	49,7 ± 14,45
Vmin (cm/s) ± SD	HEUS	8,5 ± 0,5	11,8 ± 4,04	10,3 ± 4,74	9,6 ± 2,67
RI ± SD	HEUS	0,8 ± 0,04	0,7 ± 0,06	0,8 ± 0,07	0,8 ± 0,06

Die **Vena portae (VP)** wurde in der vorderen Axillarlinie im 10. ICR vor dem Leberparenchym untersucht. Folgende Parameter wurden dokumentiert: der Diameter mit HHUSD und HEUS, die maximale systolische und minimale diastolische Geschwindigkeit und der Widerstandsindex mit HEUS. Die Vena portae war sichtbar bei 84/86 (97,7 %) Patienten mit HHUSD und HEUS ($p = 0,47$ durch McNemar Test; mittelmäßige Übereinstimmung durch Cohen's Kappa: $k = 0,48$). Der mittlere Wert war $1,0 \pm 0,22$ cm (0,4 – 1,5) mit HHUSD und $1,0 \pm 0,22$ cm (0,5 – 1,5) mit HEUS. Der Wilcoxon-Test ($p = 0,04$) und t-Test ($p = 0,01$) zeigten keine Gleichheit der Messwerte. Die dopplersonografische Untersuchung der VP war bei 2/86 (2,3 %) Patienten nicht möglich.

Abbildung 2: Bland-Altman-Diagramm für Vena portae in cm.

Tabelle 8: Messungen Vena portae.

Parameter	Erhobener Wert mit HEUS
PSV (cm/s)	21,91 ± 4,97 (13 – 38)
EDV (cm/s)	14,41 ± 4,7 (5 – 30)
RI	0,34 ± 0,14 (0,05 – 0,76)

Es fand sich keine positive Korrelation zwischen Alter und Messparametern der VP.

Tabelle 9. Erhobene Werte für Vena portae in verschiedenen Altersgruppen.

Alters- gruppe	Gerät	66 – 70 Jahre	71 – 80 Jahre	81 – 90 Jahre	Über 90 Jahre
Patientenzahl		3/86 (3,4 %)	18/86 (20,9 %)	54/86 (62,8 %)	11/86 (12,8 %)
Durchmesser (cm) ± SD	HHUSD	0,9 ± 0,33	1,0 ± 0,20	0,95 ± 0,21	0,94 ± 0,23
	HEUS	1,0 ± 0,12	1,1 ± 0,24	1,0 ± 0,22	1,0 ± 0,22

Vmax (cm/s) ± SD	HEUS	19,7 ± 0,94	21,0 ± 2,57	22,1 ± 5,49	22,8 ± 5,29
Vmin (cm/s) ± SD	HEUS	12,7 ± 2,87	14,2 ± 3,68	14,4 ± 5,21	15,1 ± 3,58
RI ± SD	HEUS	0,4 ± 0,12	0,3 ± 0,14	0,4 ± 0,15	0,3 ± 0,10

Im Bereich der **Vena hepatica dextra (VHD)** wurden der Durchmesser mit HHUSD und HEUS, ca. 5 – 6 cm distal der Konfluenz der Lebervenen, und das Flussprofil mit HEUS erhoben. Die Untersuchung erfolgte ebenfalls im 10. ICR in der vorderen Axillarlinie. Die rechte Lebervene war messbar bei 77/86 (89,5 %) Patienten mit HHUSD und bei 79/86 (91,9 %) mit HEUS ($p = 0,68$ durch McNemar Test; mittelmäßige Übereinstimmung durch Cohen's Kappa: $k = 0,53$). Der mittlere Wert lag bei $6,3 \pm 2,54$ mm (1,7 – 18) mit HHUSD und $7,0 \pm 2,18$ mm (1,7 – 14) mit HEUS. Mit Hilfe des Wilcoxon-Tests ($p = 0,01$) und t-Tests ($p = 0,0003$) ergab sich ein statistisch signifikanter Unterschied. Eine Darstellung des Flussprofils wurde bei 1/86 (1,2 %) Patienten nicht durchgeführt, bei 13/86 (15,1 %) Patienten war diese nicht möglich.

Abbildung 3: Bland-Altman-Diagramm für Vena hepatica dextra in mm.

Tabelle 10: Flussprofile Vena hepatic dextra.

Flussprofil	Anteil Patienten
monophasisch	5/86 (5,8 %)
biphasisch	23/86 (26,7 %)
triphasisch	43/86 (50,0 %)
tetraphasisch	1/86 (1,2 %)

Für die Untersuchung der **Gallenblase** konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden ($k = 0,33$, $p = 0,07$). Bei 5/86 (5,8 %) Patienten wurde Gallenblasensludge festgestellt und das HHUSD zeigte einen falsch negativen Befund. 28/86 (32,6 %) Patienten hatten eine Cholezystolithiasis, das HHUSD lieferte 5 falsch negative Ergebnisse.

Der **Ductus hepatocholedochus** war sichtbar bei 78/86 (90,7 %) Patienten mit HHUSD und bei 82/86 (95,3 %) Patienten mit HEUS ($p = 0,13$ durch McNemar Test; beachtliche Übereinstimmung durch Cohen's Kappa: $k = 0,64$). Der mittlere Wert war $6,7 \pm 2,40$ mm (3,2 – 18,0) mit HHUSD und $6,8 \pm 2,20$ mm (3,7 – 15,0) mit HEUS. Der Wilcoxon-Test ($p = 0,47$) und der t-Test ($p = 0,47$) zeigten keine statistisch signifikanten Unterschiede der Messwerte. Eine altersbedingte Kaliberzunahme kann durch diese Studie bestätigt werden.

Tabelle 11: Der DHC-Durchmesser für die vier Altersgruppen.

Altersgruppe	Patientenzahl	Gerät	Mittlerer DHC-Durchmesser (cm) $\pm$ SD
66 – 70 Jahre	3/86 (3,4 %)	HHUSD	$5,1 \pm 1,15$
		HEUS	$5,5 \pm 2,14$
71 – 80 Jahre	18/86 (20,9 %)	HHUSD	$5,4 \pm 1,41$
		HEUS	$6,4 \pm 1,33$
81 – 90 Jahre	54/86 (62,8 %)	HHUSD	$6,6 \pm 1,79$
		HEUS	$6,5 \pm 1,58$
Über 91 Jahre	11/86 (12,8 %)	HHUSD	$9,3 \pm 3,70$
		HEUS	$9,5 \pm 3,48$

Eine Choledocholithiasis konnte bei 2/86 (2,3 %) Patienten festgestellt werden, es fand sich ein falsch negativer Befund.

Abbildung 4: Bland-Altman-Diagramm für DHC in mm.

Bei 2/86 (2,3 %) Patienten lieferte das HHUSD falsch negative Ergebnisse in der Darstellung von zystischen Formationen im **Pankreas**. Hier konnte eine gute Übereinstimmung berechnet werden ($k = 0,78$). Der mittlere links-rechts Durchmesser des Pankreaskopfes für HHUSD war $2,6 \pm 0,74$ cm (0,9 – 4,8) und $2,5 \pm 0,65$ cm (1,2 – 4,5) für HEUS, der kraniokaudale Durchmesser des Pankreaskopfes $6,0 \pm 1,45$ cm (2,2 – 9,8) mit HHUSD und $6,0 \pm 1,34$ cm (2,5 – 8,9) mit HEUS, der mittlere anteroposteriore Durchmesser des Pankreaskorpus $1,5 \pm 0,49$ cm (0,6 – 2,8) mit HHUSD und $1,3 \pm 0,40$ cm (0,5 – 2,5) mit HEUS, der mittlere Durchmesser der Pankreaskauda $2,4 \pm 0,68$ cm (1,1 – 4,2) mit HHUSD und $2,0 \pm 0,49$ cm (0,8 – 3,5) mit HEUS. Für die Messung des Pankreaskorpus (Wilcoxon-Test: $p < 0,05$; t-Test: $p < 0,05$) und Pankreaskauda (Wilcoxon Test: $p < 0,05$; t-Test: $p < 0,05$) ergaben sich statistisch signifikante Unterschiede. Die Messwerte des Pankreaskopfes zeigten im Gegenteil dazu keine Unterschiede ($p = 0,29$ durch Wilcoxon-Test und $p = 0,19$ durch t-Test für den links-rechten Durchmesser, $p = 0,98$ durch Wilcoxon-Test und $p = 0,92$ durch t-Test für den kraniokaudalen Durchmesser).

Abbildung 5: Bland-Altman-Diagramm für den Pankreaskopf (der links-rechts Durchmesser) in cm.

Abbildung 6: Bland-Altman-Diagramm für den Pankreaskopf (kraniokaudaler Durchmesser) in cm.

Abbildung 7: Bland-Altman-Diagramm für den Pankreaskorpus in cm.

Abbildung 8: Bland-Altman-Diagramm für die Pankreaskauda in cm.

In den vier verschiedenen Altersgruppen konnte keine Altersabhängigkeit festgestellt werden.

Tabelle 12: Verschiedene Pankreasparameter für die Altersgruppen.

Alters- gruppe	Mittlerer links-rechts Durchmesser des Pankreas- kopfes (cm) ± SD	Mittlerer kraniokaudale Durchmesser des Pankreas- kopfes (cm) ± SD	Mittlerer anteroposte- riore Durch- messer des Pankreas- korpus (cm) ± SD	Mittlerer Durchmesser des Pankreas- kaudas (cm) ± SD
66 – 70 Jahre	HHUSD: 3,2 ± 0,83 HEUS: 2,3 ± 0,24	HHUSD: 6,6 ± 0,97 HEUS: 5,9 ± 0,71	HHUSD: 1,8 ± 0,54 HEUS: 1,4 ± 0,34	HHUSD: 1,9 ± 0,57 HEUS: 1,9 ± 0,86
71 – 80 Jahre	HHUSD: 2,5 ± 0,70 HEUS: 2,4 ± 0,56	HHUSD: 6,0 ± 1,82 HEUS: 6,2 ± 1,42	HHUSD: 1,6 ± 0,61 HEUS: 1,4 ± 0,51	HHUSD: 2,5 ± 0,75 HEUS: 2,0 ± 0,29
81 – 90 Jahre	HHUSD: 2,7 ± 0,74 HEUS: 2,5 ± 0,72	HHUSD: 6,1 ± 1,31 HEUS: 6,1 ± 1,28	HHUSD: 1,4 ± 0,43 HEUS: 1,3 ± 0,39	HHUSD: 2,5 ± 0,67 HEUS: 1,9 ± 0,51
Über 91 Jahre	HHUSD: 2,3 ± 0,62 HEUS: 2,3 ± 0,40	HHUSD: 5,2 ± 1,21 HEUS: 5,4 ± 1,36	HHUSD: 1,3 ± 0,45 HEUS: 1,2 ± 0,27	HHUSD: 2,0 ± 0,35 HEUS: 2,17 ± 0,49

Der **Ductus pancreaticus** konnte bei 31/86 (36,0 %) Patienten mit HHUSD und bei 59/86 (68,6 %) mit HEUS dargestellt werden ($p < 0,05$ durch McNemar Test; ausreichende Übereinstimmung durch Cohen's Kappa: $k = 0,36$). Der mittlere Wert war $2,5 \pm 0,77$ mm (1,0 – 4,7) mit HHUSD und $2,4 \pm 0,85$ mm (1,0 – 4,5) mit HEUS. Der Wilcoxon-Test ($p = 0,6$) und t-Test ($p = 0,4$) ergaben keine statistisch signifikanten Unterschiede der Werte.

Abbildung 9: Bland-Altman-Diagramm für Ductus pancreaticus in mm.

Eine sichere Größenzunahme des Durchmessers des Ductus pancreaticus mit zunehmendem Alter konnte hier nicht bestätigt werden.

Tabelle 13: Ductus pancreaticus-Durchmesser in mm – Einteilung in vier verschiedene Altersgruppen.

Altersgruppe	Mittlerer DW-Durchmesser (mm) ± SD mit HHUSD	Mittlerer DW-Durchmesser (mm) ± SD mit HEUS
66 – 70 Jahre	1,8 ± 0,0	2,6 ± 1,15
71 – 80 Jahre	2,6 ± 0,46	2,5 ± 1,06
81 – 90 Jahre	2,7 ± 0,81	2,3 ± 0,67
Über 90 Jahre	2,5 ± 0,83	2,6 ± 1,10

Die mittlere **Milzlänge** lag bei $9,2 \pm 1,93$ cm (4,8 – 15,3) mit HHUSD und $9,3 \pm 1,98$ cm (3,1 – 15,1) mit HEUS (kein statistisch signifikanter Unterschied durch Wilcoxon-Test ($p = 0,68$) und t-Test ($p = 0,6$)). Eine Splenomegalie war bei 2/86 (2,3 %) Patienten vorhanden. Eine Nebenmilz wurde mit beiden Geräten bei 1/86 (1,2 %) Patienten festgestellt.

Abbildung 10: Bland-Altman-Diagramm für die Milzlänge in cm.

Tabelle 14: Längsdurchmesser der Milz in cm in den vier Altersgruppen.

Altersgruppe	Mittlerer Milz-Durchmesser (mm) $\pm$ SD mit HHUSD	Mittlerer Milz-Durchmesser (mm) $\pm$ SD mit HEUS
66 – 70 Jahre	9,1 $\pm$ 1,63	10,0 $\pm$ 2,94
71 – 80 Jahre	9,8 $\pm$ 2,0	9,4 $\pm$ 1,86
81 – 90 Jahre	9,3 $\pm$ 1,90	9,4 $\pm$ 1,85
Über 90 Jahre	8,3 $\pm$ 1,68	8,4 $\pm$ 2,26

Bei 6/86 (7,0 %) Patienten wurden **Nierenzysten** mit HHUSD übersehen. Insgesamt zeigte sich eine beachtliche Übereinstimmung in der Detektion der Nierenpathologien (Cohen's Kappa: $k = 0,73$; McNemar: $p = 0,5$). Die mittlere Länge für die linke Niere war $9,2 \pm 1,19$ cm (6,0 – 11,3) mit HHUSD und $9,8 \pm 1,27$ cm (5,5 – 12,1) mit HEUS, für die rechte Niere $9,3 \pm 1,04$ cm (6,8 – 11,7) mit HHUSD und $9,8 \pm 1,19$ cm (7,0 – 12,6) mit HEUS. Für die Bestimmung der Nierenlänge konnten durch den Wilcoxon-Test und t-Test statistisch signifikante Unterschiede nachgewiesen werden ($p < 0,05$ sowohl für die linke als auch für

die rechte Niere). Ein Längsdurchmesser kleiner als 9 cm lag bei folgender Anzahl der Patienten vor:

- Für die rechte Niere mit beiden Geräten bei 15/86 (17,4 %) Patienten,
- Für die linke Niere mit beiden Geräten bei 14/86 (16,3 %) Patienten,
- Für die rechte Niere nur mit HHUSD bei 16/86 (18,6 %) Patienten,
- Für die linke Niere nur mit HHUSD bei 13/86 (15,1 %) Patienten,
- Für die rechte Niere nur mit HEUS-Gerät bei 7/86 (8,1 %) Patienten,
- Für die linke Niere nur mit HEUS-Gerät bei 2/86 (2,3 %) Patienten.

Abbildung 11: Bland-Altman-Diagramm für die linke Niere in cm.

Abbildung 12: Bland-Altman-Diagramm für die rechte Niere in cm.

Es zeigte sich eine sehr gute Übereinstimmung zur Erfassung der **Harnblasen-**Pathologien ($k = 0,94$, $p = 1$). Bei 1/86 (1,2 %) Patienten konnte ein Harnverhalt mit HHUSD festgestellt werden. Die Untersuchung mit HEUS erfolgte nach der Entlastung der Harnblase, daher wurden die Ergebnisse hier nicht berücksichtigt. Die **Prostata** war homogen bei 4/36 (11,1 %) Patienten mit HHUSD und HEUS. Bei 1/36 (2,8 %) Patienten erfolgte keine sonografische Untersuchung der Prostata, bei 14/36 (38,9 %) Untersuchungen mit HHUSD und 15/36 (41,7 %) Untersuchungen mit HEUS war eine Beurteilung nicht möglich. Das mittlere Volumen lag bei $31,0 \pm 22,69$ ml (8,0 – 101,0) mit HHUSD und $30,1 \pm 15,88$ ml (8,0 – 60,0) mit HEUS (Wilcoxon-Test: $p = 0,57$; t-Test: $p = 0,89$). Ein Prostatavolumen von über 25 ml lag bei 7/36 (19,4 %) Patienten mit beiden Geräten vor, bei weiteren 2/36 (5,6 %) Patienten nur mit HEUS-Gerät und bei 1/36 (2,8 %) mit HHUSD. Bei diesem letzten Patienten war die Prostata-Messung mit HEUS-Gerät nicht möglich.

Abbildung 13: Bland-Altman-Diagramm für Prostata-Größe in ml.

Aszites konnte bei 4/86 (4,7 %) Patienten nachgewiesen werden, das HHUSD zeigte einen falsch positiven Befund ($k = 0,88$, $p = 1$).

Zur Beurteilung des Flüssigkeitsstatus wurde für die **Vena cava inferior (VCI)** der Kollapsindex berechnet ($KI = (VCI_{max} - VCI_{min}) / VCI_{max} * 100$).⁵⁷⁻⁵⁹ Der KI sprach für einen normalen Hydratationsstatus bei 11/86 (12,8 %) Patienten mit beiden Geräten. 51/86 (59,3 %) Patienten mit HHUSD und 57/86 (66,3 %) Patienten mit HEUS hatten eine Hypovolämie ($KI > 40$ %). 15/86 (17,4 %) Patienten mit HHUSD und 11/86 (12,8 %) Patienten mit HEUS waren überwässert ($KI < 30$ %). Eine VCI-Dilatation konnte bei 9/86 (10,5 %) Patienten festgestellt werden. Im Vergleich dazu zeigten sich mit HHUSD zwei falsch negative und ein falsch positiver Befund. Der mittlere maximale Durchmesser war $1,6 \pm 0,65$ cm (0,6 – 4,2) mit HHUSD und $1,7 \pm 0,61$ cm (0,5 – 4,3) mit HEUS, der minimale $0,8 \pm 0,77$ cm (0,0 – 4,0) mit HHUSD und $0,8 \pm 0,71$ cm (0,0 – 4,0) mit HEUS. Der Wilcoxon-Test zeigte hier keinen statistisch signifikanten Unterschied (für den maximalen Durchmesser $p = 0,19$, für den minimalen Durchmesser $p = 0,87$), der t-Test ebenfalls (für den maximalen Durchmesser $p = 0,059$, für den minimalen Durchmesser $p = 0,8$). Mittels Cohen's Kappa ($k = 0,74$) und McNemar Tests ($p = 0,6$) fand sich eine gute Übereinstimmung der beiden Untersuchungsmethoden.

Abbildung 14: Bland-Altman-Diagramm für den maximalen Durchmesser der Vena cava inferior in cm.

Abbildung 15: Bland-Altman-Diagramm für den minimalen Durchmesser der Vena cava inferior in cm.

Eine Altersvariation des VCI-Durchmessers konnte nicht dargestellt werden.

Tabelle 15: Der VCI-Durchmesser für vier Altersgruppen.

Altersgruppe und Patientenzahl	Gerät	VCI maximal (cm) ± SD	VCI minimal (cm) ± SD
66 – 70 Jahre	HHUSD	1,9 ± 0,3	0,9 ± 0,20
3/86 (3,4 %)	HEUS	1,3 ± 0,68	0,6 ± 0,63
71 – 80 Jahre	HHUSD	1,5 ± 0,91	0,8 ± 1,05
18/86 (20,9 %)	HEUS	1,9 ± 0,88	1,1 ± 1,01
81 – 90 Jahre	HHUSD	1,7 ± 0,56	0,85 ± 0,67
54/86 (62,8 %)	HEUS	1,7 ± 0,50	0,77 ± 0,61
Über 90 Jahre	HHUSD	1,3 ± 0,48	0,4 ± 0,51
11/86 (12,8 %)	HEUS	1,6 ± 0,44	0,5 ± 0,48

Der mittlere Durchmesser für die **Aorta abdominalis** war $2,0 \pm 0,68$ cm (1,0 – 5,1) mit HHUSD und $2,0 \pm 0,55$ cm (1,1 – 4,3) mit HEUS. Es konnte kein statistisch signifikanter Unterschied nachgewiesen werden (Wilcoxon-Test: $p = 0,81$; t-Test: $p = 0,94$). Ein Durchmesser der Aorta von ≥ 3 cm war bei 3/86 (3,4 %) Patienten mit beiden Geräten vorhanden, bei 1/86 (1,2 %) Patienten nur bei der HHUSD-Untersuchung und bei weiteren 2/86 (2,3 %) Patienten nur bei der HEUS-Untersuchung.

Abbildung 16: Bland-Altman-Diagramm für Aorta abdominalis in cm.

Eine Korrelation des Durchmessers mit dem Alter ließ sich nicht ableiten.

Tabelle 16: Der mittlere Durchmesser der Aorta abdominalis (infrarenal) in cm.

Altersgruppe und Patientenzahl	Durchmesser Aorta abdominalis (cm) ± SD HHUSD	Durchmesser Aorta abdominalis (cm) ± SD HEUS
66 – 70 Jahre 3/86 (3,4 %)	2,5 ± 0,12	1,6 ± 0,05
71 – 80 Jahre 18/86 (20,9 %)	2,4 ± 0,93	2,3 ± 0,74
81 – 90 Jahre 54/86 (62,8 %)	1,9 ± 0,51	2,0 ± 0,45
Über 90 Jahre 11/86 (12,8 %)	1,9 ± 0,87	1,8 ± 0,57

6.3. Thoraxsonografie

16/86 (18,6 %) Patienten hatten einen Pleuraerguss linksseitig, zwei falsch negative und zwei falsch positive Befunde kamen vor. Bei 13/86 (15,1 %) der HHUSD-Untersuchungen und bei 14/86 (16,3 %) der HEUS-Untersuchungen wurde der Pleuraerguss als „wenig“ eingeschätzt, bei 3/86 (3,4 %) der HHUSD-Untersuchungen und 2/86 (2,3 %) als „viel“ bewertet. Der Cohen's Kappa zeigte in diesem Fall eine beachtliche Übereinstimmung ($k = 0,79$). Im Gegensatz hierzu fand sich durch den McNemar Test ein statistisch signifikanter Unterschied.

Von 86 Patienten konnte bei 27 (31,4 %) ein rechtsseitiger Pleuraerguss festgestellt werden, das HHUSD ergab 5 falsch positive Ergebnisse. 22/86 (25,5 %) Patienten mit HHUSD und 21/86 (24,4 %) Patienten mit HEUS hatten kleine Pleuraergüsse, 8/86 (9,3 %) Patienten mit HHUSD und 6/86 (7,0 %) Patienten große Pleuraergüsse. Sowohl der Cohen's Kappa Test ($k = 0,73$) als auch der McNemar Test ($p = 0,44$) ergaben eine Übereinstimmung der Daten.

Ein Perikarderguss lag bei 6/86 (7,0 %) Patienten in der HEUS-Gruppe vor. Das HHUSD ergab zwei falsch positive Befunde ($k = 0,64$; $p = 0,47$).

Bei 2/86 (2,3 %) Patienten waren infiltrative Veränderungen zu sehen, das HHUSD lieferte einen falsch negativen Befund (Sensitivität 66,6 %, Spezifität 100 %).

Dystelektasen der rechten Lunge zeigten sich bei 2/86 (2,3 %) Patienten in beiden Gruppen (Sensitivität und Spezifität 100 %).

B-Linien waren bei 5/86 (5,8 %) Patienten sichtbar (Sensitivität und Spezifität 100 %).

6.4. Schilddrüsenultraschall

Bei 6/86 (7,0 %) Patienten war die Untersuchung mit keinem Gerät möglich, 1/86 (1,2 %) Patienten wurden mit HEUS nicht untersucht.

Das Schilddrüsengewebe war bei 40/86 (46,5 %) Patienten mit HHUSD und 37/86 (43,0 %) Patienten mit HEUS homogen, bei 40/86 (46,5 %) Patienten mit HHUSD und 42/86 (48,8 %) Patienten mit HEUS inhomogen (fast vollkommene Übereinstimmung durch Cohen's Kappa $k = 0,88$; $p = 0,47$ mit McNemar Test).

Bei 61/86 (70,9 %) Patienten war eine normale Echogenität mit beiden Geräten vorhanden, 19/86 (22,0 %) Untersuchungen mit HHUSD und 18/86 (20,9 %) Untersuchungen mit HEUS zeigten ein echoarmes Schilddrüsengewebe.

Die mittlere Größe des rechten Schilddrüsenlappens war $4,6 \pm 3,66$ ml (0,3 – 17,4) mit HHUSD und $5,6 \pm 5,92$ ml (0,4 – 46,0) mit HEUS (kein statistisch signifikanter Unterschied durch Wilcoxon-Test: $p = 0,23$; Unterschied durch t-Test: $p = 0,04$).

Der linke Schilddrüsenlappen hatte ein mittleres Volumen von $4,0 \pm 3,51$ ml (0,3 – 18,0) mit HHUSD und $4,3 \pm 5,04$ ml (0,2 – 31,0) mit HEUS (kein statistisch signifikanter Unterschied der Messung für den linken Schilddrüsenlappen: $p = 0,58$ bei Wilcoxon-Test und $p = 0,37$ bei t-Test).

Abbildung 17: Bland-Altman-Diagramm für den rechten Schilddrüsenlappen in ml.

Abbildung 18: Bland-Altman-Diagramm für den linken Schilddrüsenlappen in ml.

Bei 18/86 (20,9 %) Patienten konnten zystische Veränderungen mit HEUS festgestellt werden, das HHUSD ergab sechs falsch negative Ergebnisse. 6/86 (7,0 %) Patienten hatten Verkalkungen, das HHUSD lieferte einen falsch positiven Befund. Bei 26/86 (30,2 %) Patienten konnten Knoten dargestellt werden, das HHUSD zeigte zusätzlich zwei falsch negative und einen falsch positiven Befund. Erwähnenswert ist, dass bei einem Patienten mehrere Pathologien möglich waren.

Tabelle 17: Erhobene Volumen für den rechten und linken Schilddrüsenlappen.

Altersgruppe und Patientenzahl	Rechter Schilddrüsenlappen (ml) ± SD	Linker Schilddrüsenlappen (ml) ± SD
66 – 70 Jahre	HHUSD 2,8 ± 1,27	HHUSD 1,8 ± 0,83
3/86 (3,4 %)	HEUS 4,4 ± 2,02	HEUS 3,6 ± 1,57
71 – 80 Jahre	HHUSD 4,5 ± 3,34	HHUSD 3,2 ± 2,61
18/86 (20,9 %)	HEUS 6,7 ± 10,54	HEUS 4,8 ± 6,51
81 – 90 Jahre	HHUSD 4,7 ± 3,82	HHUSD 4,1 ± 3,42
54/86 (62,8 %)	HEUS 5,3 ± 3,83	HEUS 4,1 ± 4,89
Über 90 Jahre	HHUSD 5,1 ± 3,72	HHUSD 5,5 ± 5,01
11/86 (12,8 %)	HEUS 5,7 ± 4,20	HEUS 5,0 ± 3,06

7. Diskussion

Es handelte sich um eine prospektive Studie mit 86 Patienten, die in einem Zeitraum von 10 Monaten eingeschlossen wurden. Wesentliche Untersuchungskriterien waren die Bedeutung sonografisch erhobener Zufallsbefunde, der Vergleich zweier Gerätetechnologien und die Überprüfung von Normwerten bei geriatrischen Patienten.

7.1. Sonografie in der Geriatrie

Die Sonografie ist in Deutschland die meistgenutzte Diagnostikmethode. Sie ist weit verbreitet und ergibt relevante Informationen über morphologische und funktionelle Veränderungen der verschiedenen Organe in Echtzeit. Im Vergleich zu anderen Bildverfahren (z. B. Computertomografie oder Kernspintomografie) hat die Sonografie keine patientenbezogenen Kontraindikationen, ist ohne Nebenwirkungen und kann dadurch so oft wie nötig wiederholt werden.

Die geriatrischen Patienten sind häufig multimorbid oder dement, was die Erhebung der Anamnese deutlich erschwert. Die Vorstellung beim Arzt erfolgt meistens mit unspezifischen Beschwerden wie Verschlechterung des Allgemeinzustandes, Gewichtsverlust, Fieber, unklare Schmerzen, Desorientiertheit, Sturz, Dyspnoe oder Somnolenz. In diesem Fall kann sonografisch eine Ursache festgestellt oder ausgeschlossen werden. Dadurch kann die Sonografie in der Geriatrie eine bedeutsame Rolle zur Stellung der Diagnose und Festlegung der Therapie spielen.

In kürzester Zeit liefert das HHUSD Informationen über den Status der thorakalen oder abdominellen Organe; eine umfangreiche Ultraschall-Erfahrung ist nicht zwingend erforderlich. So untersuchten Andersen et al den Einfluss des Einsatzes eines HHUSDs durch Ärzte in Weiterbildung für die Diagnosestellung in der Notfallambulanz.⁶⁰ Nach einer Fortbildungszeit der Ärzte von 4 Stunden wurden 199 Patienten eingeschlossen und mit Vscan™ geschallt. Für die kardiale Untersuchung waren durchschnittlich 5,7 Minuten notwendig und für die abdominelle 4,7 Minuten. In 6,5 % der Fälle resultierte nach der POCUS-Untersuchung eine Änderung der Primärdiagnose und in 24 % der Fälle wurde eine weitere wichtige Diagnose gestellt.

Zudem kann die Diagnose schneller als mit einem anderen Ultraschallgerät gestellt werden, da die Untersuchung mit einem HHUSD schneller durchgeführt werden kann.^{61,62} Meistens wird bei der Nutzung eines HEUS für die „bedside“ Untersuchung des Patienten Zeit durch den Transport, die Positionierung sowie Einschaltzeiten des Gerätes verloren.

Pieckenpack et al empfahlen in Folge einer Studie von 2001 den Einsatz von portablen Geräten bei bettlägerigen Patienten, nachdem das HHUSD in 89 von 102 Fällen ausreichend war, um die klinischen Fragestellungen zu klären.⁶³

Nelson et al betonten in 2011 die Notwendigkeit weiterer Studien, die die Anwendbarkeit eines HHUSDs in ambulanten Gebieten erforschen, da diese bereits eine erhebliche Hilfe in der Notfallmedizin (beispielsweise zur Diagnosestellung freier abdomineller Flüssigkeit, eines Pneumothorax) und in der Kardiologie (Feststellung von Perikarderguss oder Untersuchung der Pumpfunktion des linken Ventrikels) anbieten.⁶⁴

Laut S1-Leitlinie "Geriatrisches Assessment der Stufe 2" werden für die Erhebung des geriatrischen Screening ca. 30 – 35 Minuten gebraucht.¹⁴ Im Vergleich dazu dauert eine standardisierte sonografische Untersuchung des Abdomens mittels eines HHUSD weniger als 10 Minuten.^{60,62}

Aktuell gibt es keine Leitlinien, die die Indikationen technischer Diagnosemittel und invasiver Verfahren bei geriatrischen Patienten definieren.

Eine umfangreiche Literaturrecherche über die Anwendbarkeit, häufige Befunde, Normalbefunde bei geriatrischen Patienten wurde von Fröhlich et al in 2017 durchgeführt.⁴⁰ Es konnten keine bedeutsamen Unterschiede zwischen den Normalbefunden bei Erwachsenen im jüngeren Alter und Patienten im älteren Alter festgestellt werden. Der Einsatz vom HHUSD vor Ort wurde zur Vermeidung unnötiger Einweisungen von Patienten und Erweiterung der klinischen Untersuchung, aber auch zur Durchführung einiger ultraschallgezielter Interventionen empfohlen.

Drudi et al beschrieben die Rolle der Sonografie zur Evaluierung der Nierenerkrankungen bei älteren Patienten.⁶⁵ Hierzu können das B-Bild, die Dopplersonografie, die Kontrastmittelsonografie und die Elastografie wichtige Informationen über eine chronische Niereninsuffizienz, diabetische Nephropathie, ein akutes Nierenversagen, eine obstruktive Uropathie, die Nierenbeteiligung bei Vaskulitiden, den Nierentransplantatstatus, ischämische

Nierenerkrankungen usw. liefern. Van der Noortgate et al untersuchten bei 25 geriatrischen Patienten die Aussagekraft der Sonografie zur Nierenfunktion.⁶⁶ Es zeigte sich eine signifikative Korrelation zwischen dem Längsdurchschnitt, dem Volumen der Nieren und der GFR-Werte; der Längsdurchschnitt hatte eine reduzierte Genauigkeit zur Beurteilung der Nierenschäden.

Die Sonografie kann die Frage nach Genese der Luftnot in einer Akutsituation beantworten. Eine Pneumonie, ein Lungenödem oder Pleuraveränderungen im Rahmen einer Lungenembolie können festgestellt werden. Auch nach einem Thoraxtrauma liefert die Sonografie wichtige Informationen (Perikarderguss, Pleuraerguss, Pneumothorax, Rippen- / Sternumfraktur). Die Bedeutung der Lungensonografie wurde in der Literatur mehrmals beschrieben und in Studien nachgewiesen.⁶⁷⁻⁷⁰

Ticinesi et al stellten fest, dass die sonografische Diagnosestellung einer Pneumonie unabhängig von der Mitarbeit der Patienten, einfacher und genauer ist als die radiologische Sicherung.⁷¹ Hierfür wurden 169 geriatrische multimorbide Patienten auf einer Überwachungsstation aufgenommen. Sonografisch konnten infiltrative Veränderungen bei 88 von 96 Patienten festgestellt werden, bei denen eine Pneumonie diagnostiziert wurde. Radiologisch waren diese nur bei 45 Patienten nachweisbar.

Huang et al untersuchten 51 geriatrische Patienten, die eine intensivmedizinische Behandlung benötigten.⁷² Die Lungen-Sonografie konnte, ähnlich wie die Computertomografie, pulmonale Läsionen feststellen. Ein kardiopulmonaler Ultraschall war genauer als die Computertomografie zur Feststellung eines ARDS (acute respiratory distress syndrome).

In einer weiteren Studie konnten Huang et al nachweisen, dass die sonografisch dargestellte Zwerchfell-Dysfunktion bei älteren Patienten einen prädiktiven Wert für die insuffiziente Weaning-Therapie hat.⁷³

In der Prävention der karotisbedingten Schlaganfälle spielt die Sonografie eine große Rolle und könnte somit eine wichtige Bedeutung in der Geriatrie haben. Die arteriosklerotische Carotisstenose kommt bei 1 bis 2 % der Erwachsenen vor und ist für 10 – 15 % der ischämischen Schlaganfälle zuständig.^{74,75} 9,5 % bis 15 % der älteren Patienten haben eine Carotisstenose > 50 %.⁷⁶ Laut S3-Leitlinie (AWMF-Registernummer 004 – 028) zur Diagnostik, Therapie und Nachsorge der extracraniellen Carotisstenose ist eine routinemäßige sonografische

Untersuchung der Carotiden nicht erforderlich.⁷⁶ Diese Aussage bezieht sich auf die allgemeine Bevölkerung. Zu den geriatrischen Patienten erfolgte keine Empfehlung.

Hernandez-Rodrigues et al wiesen nach, dass bei Patienten mit asymptomatischer Carotis-Stenose bereits eine Beeinträchtigung der kognitiven Funktion bestand.⁷⁷ Zhang et al zeigten, dass das Vorhandensein der Carotis-Plaques und pathologischer Intima-Media-Dicke bei asymptomatischen Patienten einen prädiktiven Wert für das Auftreten der kardiovaskulären Ereignisse hatten.⁷⁸

Die Wichtigkeit des sonografischen Screenings zur Detektion der vaskulären Erkrankungen bei geriatrischen Patienten wurde von Huang et al untersucht.⁷⁹ Im Rahmen dieser Studie wurden 197 chinesische Patienten (58 – 86 Jahre, 54 % weiblich) geschallt. 90 % der Patienten hatten Plaques zumindest in einer Arterie, 55 % der Teilnehmer in mindestens 4 Arterien. Am häufigsten fand sich die Plaquebildung in den Carotiden (80 %), gefolgt von den Unterschenkelarterien (59 %), Arteria femoralis (57 %) und Aorta abdominalis (37 %). Diese Ergebnisse betonen die Rolle der Sonografie zur Prävention der Hirn- und Myokardinfarkte.

Eine Echokardiografie kann Informationen über die linksventrikuläre Funktion, Klappenvitien, pulmonalarteriellen Druck oder das Vorliegen eines Perikard- oder Pleuraergusses liefern und somit der Therapieplanung dienen. Eine transthorakale Echokardiografie sollte beim Vorhandensein einer klinischen Fragestellung und therapeutischen Konsequenz durchgeführt werden.⁸⁰

Rynkowska-Kidawa et al untersuchten 80 Patienten (mittleres Alter $81 \pm 5,3$ Jahre) mit arteriellem Hypertonus.⁸¹ Es wurde festgestellt, dass ein langzeitiger Hypertonus die systolische und diastolische Größe des linken Ventrikels vermindert und die Dicke des interventrikulären Septums vergrößert. In einer weiteren Studie trat die Dilatation des linken Vorhofs vermehrt bei älteren Patienten aus Senegal mit arteriellem Hypertonus auf.⁸² Tsialtas et al untersuchten 654 Patienten mit einem mittleren Alter von $92,5 \pm 2,5$ Jahren.⁸³ Echokardiografisch zeigten sich bei den weiblichen Probanden eine bessere Pumpfunktion des linken Ventrikels (LV) und weniger Kontraktionsstörungen des LVs. Gaborit et al untersuchten 400 Patienten älter als 60 Jahre.⁸⁴ Alle Patienten hatten Risikofaktoren für eine Herzinsuffizienz (Diabetes mellitus, chronische

Nierenerkrankung, kardiovaskuläre Erkrankung in der Vorgeschichte, Vorhofflimmern, arterielle Hypertonie), eine Herzinsuffizienz war aber nicht bekannt. 55,75 % der Patienten wiesen eine pathologische Echokardiografie auf. Da die häufigen Folgen einer Herzinsuffizienz Dyspnoe und Leistungsminderung sind, könnte eine frühzeitige Echokardiografie dazu dienen, eine Herzinsuffizienz in beginnenden Stadien zu erkennen und zu behandeln. Milman et al untersuchten die Abnahme der Leistungsfähigkeit bei Belastung bei 250 älteren Patienten (≥ 65 Jahre) mit normaler Ejektionsfraktion mittels Stressechokardiografie.⁸⁵ Die diastolische Funktion war deutlich niedriger bei den älteren Patienten, alle anderen echokardiografischen Parameter variierten nicht. Shah et al untersuchten 65 Patienten im Alter von über 65 Jahre, die wegen eines Traumas vorstellig wurden und einer stationären Aufnahme bedurften.⁸⁶ Folgende Assessments kamen zum Einsatz: „simple FRAIL Scale“, „clinical Frailty Scale“, die Arm-Zirkumferenz-Messung und mit Ultraschall erhobener Haut-Knochen-Abstand (hiermit ist die Muskelschicht gemeint). In dieser Studie konnte die „Gebrechlichkeit“ mit diesen Assessments gut beurteilt werden. Diesbezüglich könnten die sonografischen Messungen des Bizeps und Quadrizeps als Alternative bei Patienten genutzt werden, bei denen eine Anamnese nicht möglich ist. Es gibt mehrere Studien die die Bedeutung der Muskeldicke bei geriatrischen Patienten untersuchten.⁸⁷⁻⁹⁰ Eine weitere Studie untersuchte in Spanien 112 Patienten im Alter von 20 bis 90 Jahren.⁹¹ Die Patienten, die jünger als 60 Jahre waren, dienten als Kontrollgruppe. Die Muskel-Echogenität, Muskel-Dicke, Fettschicht-Dicke und die Muskel-Kraft wurden untersucht. Bei höherer Echogenität der Muskeln fand sich eine niedrigere Muskelkraft, was als Marker für das Vorliegen eines „frailty“ Syndroms dienen könnte.

Es ist wichtig einen typischen geriatrischen Patienten rechtzeitig perioperativ zu erkennen, da in diesem Fall die postoperative Rekonvaleszenz verzögert eintreten kann. Eine erhöhte Mortalität ist ebenso anzunehmen. Die sonografische Beurteilung der Oberschenkelmuskeln gehört zu den perioperativen Diagnostikutensilien eines Anästhesisten.⁹²

Die Rolle der Sonografie in der Diagnose der muskuloskelettalen Erkrankungen bei geriatrischen Patienten wurde in der Arbeit von Can et al geschildert.⁹³ Im Rahmen dieser Arbeit wurde durch eine Literaturrecherche die Anwendbarkeit

der Sonografie bei rheumatischen und degenerativen Gelenkerkrankungen, Trauma mit Folgeverletzungen, Dekubitus, Ulzera, Sarkopenie, peripheren Neuropathien (z. B. Karpaltunnel Syndrom) sowie zur ultraschallgezielten Durchführung mehrerer Therapien und Interventionen (beispielsweise Infiltration mit Glucocorticoiden, Aspiration von Gelenkflüssigkeit, Nervenblockade) betont. Ogawa et al stellten sonografisch fest, dass der Zungenmuskel bei Patienten mit Sarkopenie-induzierter Dysphagie kleiner und echoreicher ist, als bei anderen Patienten.⁹⁴

Suzuki et al untersuchten die Urininkontinenz bei 80 Patienten aus Pflegeeinrichtungen.⁹⁵ 35 Patienten wurden alle 2 – 3 Stunden vom Pflegepersonal gefragt, ob ein Urindrang besteht und nur wenn die Frage mit „ja“ beantwortet wurde, wurden sie aufgefordert zu urinieren (conventional prompted voiding CPV). Bei weiteren 45 Patienten wurde alle 2 – 3 Stunden das Harnblasenvolumen mittels Ultraschall gemessen und wenn die Harnblase als gefüllt beurteilt wurde, sind die Patienten aufgefordert worden Wasser zu lassen (ultrasound-assisted prompted voiding USAPV). Es konnte festgestellt werden, dass der unkontrollierte Urinverlust mit mehr als 25 % bei 51 % der Patienten in der USAPV-Gruppe und bei 26 % der Patienten in der CPV-Gruppe verbessert werden konnte. Es ist anzunehmen, dass die Folgen einer Urininkontinenz (Dermatitis, Zurückziehen aus dem sozialen Leben, entstandene Kosten für die Inkontinenzartikel, erhöhtes Risiko für Harnwegsinfekte) durch den Einsatz der Sonografie diminuiert werden können.

Die Sonografie wird in mehreren geriatrischen Arbeiten als Diagnostikutensil erwähnt, wie beispielweise zur Feststellung / Ausschluss Verletzungen nach einem Sturz oder im Rahmen einer kardiopulmonalen Reanimation.^{96,97}

Hasegawa et al untersuchten 73 Probanden in einem mittleren Alter von 81,3 Jahren.⁹⁸ Es zeigte sich eine starke Korrelation zwischen der sonografisch gemessenen Dicke des Temporalmuskels und dem BMI-Wert. So könnte die sonografische Messung dabei helfen, den Ernährungszustand eines Patienten zu beurteilen (zum Beispiel immobilisierte Patienten, wo Wiegen nicht möglich ist).

7.2. Screening

64/86 (74,4 %) Patienten wurden sonografisch systematisch ohne klinische Fragestellung untersucht, bei den übrigen bestand mindestens eine Indikation aufgrund der Symptomatik. Es erhielten jedoch alle Patienten eine systematische Ultraschall-Untersuchung des Abdomens, des Thorax und der Schilddrüse.

18/86 (20,9 %) der untersuchten Individuen zeigten einen therapierelevanten Befund, was mit den Daten der vorliegenden Literatur übereinstimmt (23,6 %).⁹⁹

In der Arbeit von Hirche et al konnten bei Patienten mit chronisch entzündlichen Darmerkrankungen 10 % Zufallsbefunde mit diagnostischer Relevanz und 4 % Zufallsbefunde mit therapeutischer Relevanz festgestellt werden.¹⁰⁰ In der Notfallmedizin liegt die Inzidenz der Zufallsbefunde zwischen 7,8 %¹⁰¹ und 16,4 %¹⁰² (computertomografisch und sonografisch).

Mills et al empfahlen eine systematische sonografische Untersuchung des Abdomens, da signifikante Zufallsbefunde (9,1 %) in ihrer Studie auffielen.¹⁰³

Weitere Autoren gaben noch höhere Prozentzahlen an Zufallsbefunden an.^{104,105}

Ein Anstieg der Prävalenz von Zufallsbefunden wurde mit zunehmendem Alter beobachtet.^{106,107}

Eine umfangreiche Literaturanalyse wurde von O'Sullivan et al bezüglich der Prävalenz und Outcome der inzidentellen Befunde durchgeführt.¹⁰⁸ Diese zeigte einen Überblick über die Vor- und Nachteile der verschiedenen bildgebenden Verfahren im Hinblick auf Zufallsbefunde und deren Management.

Bis zum jetzigen Zeitpunkt gibt es keine Leitlinien, die das Management von inzidentellen Befunden bei geriatrischen Patienten beschreiben,^{99,109} eine therapeutische Handlung erfolgte bei den Patienten der hier vorgelegten Studie nur, falls dadurch eine zeitnahe Besserung des Allgemeinzustandes ermöglicht wurde.

Eine Differenzierung der Wichtigkeit der Befunde erfolgte nicht in allen Publikationen. Um Zufallsbefunde abzuklären, sind weitere Untersuchungen zu veranlassen, was jedoch steigende Kosten zur Folge hat.^{110,111} Hinzukommend kann die psychologische Ebene der Patienten negativ beeinflusst werden.¹¹²

Abdomen

Fokale Leberveränderungen konnten bei 15/86 (17,4 %) Patienten festgestellt werden: 9/86 (10,5 %) Leberzysten, 4/86 (4,7 %) echoarme Fettverteilungsstörungen, 1/86 (1,2 %) Leberhämangiom und 1/86 (1,2 %) metastasenverdächtige Raumforderung. Laut verschiedener Autoren lag die Inzidenz der **Leberzysten**¹¹³ und **Leberhämangiomen**¹¹⁴ als Zufallsbefunde in der Magnetresonanztomografie (MRT) der Wirbelsäule unter 1 %. Eine Analyse von Ibrahim et al ergab Leberpathologien als häufigsten Zufallsbefund der MRT: 2,8 % fokale noduläre Hyperplasien, 12 % Leberhämangiome, 37 % Leberzysten.¹¹⁵ Kimura analysierte die Daten von Autopsien älterer Patienten und stellte fest, dass die Häufigkeit der zystischen Läsion mit dem Alter zunimmt.¹¹⁶ Wie in der hier vorgelegten Studie kommen die **maligne Leberprozesse** nach Angaben einiger Autoren selten vor (1 %¹¹⁷ oder weniger^{118,119}). Andere Studien beschreiben einen größeren Prozentsatz an malignen inzidentellen Leberherden.^{120,121}

Angesichts der Datenlage und der erhobenen Befunde kann ein Screening nach fokalen Leberprozessen nicht empfohlen werden. Andererseits sollte jeder Patient mit Leberzirrhose, Fettleberhepatitis oder Hepatitis B frühzeitig auf hepatozelluläres Karzinom sonografisch gescreent werden, falls eine Therapie in Frage kommt.¹²²

Die Prävalenz der **Fettleber** lag in der für diese Dissertation durchgeführten Studie bei 26,7 % und war der dritthäufigste inzidentelle Befund in der Abdomensonografie. Eine histologische Abklärung ist nicht erfolgt. In der Literatur ist eine Inzidenz von 17 % bis 25,2 % angegeben, eine positive Korrelation mit dem Alter wurde diskutiert.¹²³⁻¹²⁵ Vernon et al führten eine Suche in PubMed nach Publikationen zu dem Thema „Fettleber“ (1980 – 2010) durch und fanden eine sonografische Prävalenz von 13 bis 46 %.¹²⁶ Sie erwogen, dass das Auftreten einer nicht alkoholischen Fettlebererkrankung bedingten Fibrose von der Dauer der Krankheit und nicht von dem Alter der Patienten abhängig sei. Sonografisch werden milde Formen einer Fettleber übersehen, besonders bei einem Fettgehalt der Leber < 30 %.¹²⁷ Die Sensitivität der Methode wurde mit 73 – 90 % angegeben, die Spezifität mit 69 – 85 %.¹²⁷ Die S2k-Leitlinie der nicht alkoholischen Fettlebererkrankungen (AWMF-Registernummer 021 – 025)

nannte folgende Faktoren als Ursache für eine Fettleber: Mangelernährung, Alkoholkonsum, Stoffwechselstörungen, Hepatitis C-Infektion, Medikamente oder Chemotherapien.¹²⁸ In der hier vorgelegten Studie hatten 3/23 (13,0 %) Patienten mit sonografischem Bild einer Fettleber nur einen Diabetes mellitus, 6/23 (26,0 %) ein metabolisches Syndrom und 10/23 (43,5 %) einen BMI > 25. Die oben genannte Leitlinie sprach eine offene Empfehlung für ein Screening auf das Vorhandensein einer nicht alkoholischen Fettlebererkrankung für Risikogruppen (Diabetes mellitus, Adipositas) aus. Für die allgemeine Bevölkerung gab es keine Empfehlung dafür. Die Prävalenz der nicht alkoholischen Fettlebererkrankung lag nach Blachier et al bei 42,6 – 69,5 % für Typ 2 Diabetiker.¹²⁹ Im geriatrischen Patientenkollektiv lag die Prävalenz der sonografisch detektierten Fettleber bei Diabetikern bei 10,6 % (7/66). Diese Tatsache könnte auf die niedrigere Sensitivität der Sonografie bei älteren Patienten hinweisen. Ohne histologische Informationen und weitere Studien bei hochbetagten Patienten kann keine Schlussfolgerung daraus gezogen werden. Die nicht alkoholische Fettlebererkrankung führt relativ häufig zu einer Leberzirrhose und hiermit zu einem hepatozellulären Karzinom.¹²⁸ Ein sonografisches Screening auf ein hepatozelluläres Karzinom ist bei jedem Patienten mit Fettlebererkrankung und fortgeschrittener Fibrose anzuraten. So könnte dieses bei geriatrischen Patienten alle 6 Monate durchgeführt werden, solange der gesundheitliche Zustand des Patienten die Einleitung einer spezifischen Therapie erlaubt. Die nicht alkoholische Fettlebererkrankung tritt als Manifestation eines metabolischen Syndroms auf und ihr Vorhandensein weist auf ein erhöhtes Risiko von kardiovaskulären Ereignissen hin.¹²⁸ Die gleiche Leitlinie betonte die gesteigerte Assoziation der Komponenten des metabolischen Syndroms mit extrahepatischen Neoplasien. Allerdings ist die aktuelle Datenlage nicht ausreichend, um ein Screening bei den Patienten mit nicht alkoholischer Lebererkrankung zu empfehlen. Zu den geriatrischen Patienten nahm die oben genannte Leitlinie keine Stellung. Falls eine nicht alkoholische Fettleberhepatitis bei einem Patienten mit Adipositas diagnostiziert wird, ist eine Gewichtsreduktion zu empfehlen. Geriatrische Daten zeigten, dass der BMI unzureichend ist um den Ernährungszustand zu erheben und eine Mangelernährung auch bei normalem BMI möglich ist. Das ist der Grund, warum in der Geriatrie das MNA zum Einsatz kommt. Die erfassten MNA-Werte bei den

hier untersuchten Patienten zeigten im Mittel einen Wert von 17,5 Punkten (Unterernährung bei < 24 Punkten), während der mittlere BMI-Wert bei 25,4 Punkten lag (Übergewicht bei > 25). Es ist unklar, ob und wie das MNA und die Fettlebererkrankung korrelieren.

Eine **Leberzirrhose** war bei 2/86 (2,3 %) Patienten zu sehen. Ein Vergleich zu bereits vorliegenden Daten erscheint aufgrund der niedrigen Fallzahlen schwierig zu sein. Tewari et al fanden bei 2/196 (1 %) Patienten eine Leberzirrhose als sonografischen Zufallsbefund.¹⁰⁴ Postmortem wurde eine inzidentelle Leberzirrhose bei 3 %¹¹⁹ bis 25 %¹²³ der Fälle festgestellt.

Gallenblasen-Sludge war hier bei 5/86 (5,8 %) Patienten vorhanden, was den von Swobodnik und Classen¹³⁰ genannte Prozentsatz (0,08 – 0,27 %) deutlich überschreitet. Die **Cholezystolithiasis** war mit 32,6 % (28/86) der häufigste Befund, der hier durchgeführten Studie. Das mittlere Alter der eingeschlossenen Patienten war 84 Jahre und 50/86 (58,1 %) gehörten dem weiblichen Geschlecht an.

Die Prävalenz der Gallenblasenerkrankungen (Cholezystolithiasis oder Z.n. Cholezystektomie) lag in einer deutschen Studie von Kratzer et al bei 13,7 % für Patienten zwischen 51 und 65 Jahren; eine positive Korrelation mit dem Alter konnte nachgewiesen werden.¹³¹ Postmortem wurde bei älteren Patienten aus Japan in 21,4 % der Fälle eine Cholezystolithiasis festgestellt.¹¹⁶ Bei deutschen Frauen wurde dieser Befund bei 26,7 % der obduzierten Fälle entdeckt.¹³² In der MRT kam die Cholezystolithiasis laut Quatrocchi et al bei weniger als 1 % der Patienten vor.¹¹³ Andere Autoren gaben einen Prozentsatz von 7,8 % für die Cholezystolithiasis in der MRT an.¹³³ Eine **Choledocholithiasis** wurde sonografisch bei 2,3 % (2/86) des jetzigen Patientenkollektivs dargestellt, beide Patienten waren asymptomatisch. Zu der Inzidenz der asymptomatischen Choledocholithiasis gibt es kaum Daten. Bei einer intraoperativen Cholangiografie konnte sie bei bis zu 20,9 % der Patienten nachgewiesen werden.¹³⁴ Computertomografisch kam die inzidentelle Choledocholithiasis bei 0,11 % (5/4543) der Individuen vor.¹¹⁸

Da eine Therapie der Gallensteine symptomorientiert erfolgt, kann auf ein Screening bei den geriatrischen Patienten verzichtet werden. Die S3-Leitlinie zur Prävention, Diagnostik und Behandlung von Gallensteinen (AWMF-Registernummer 021 / 008) empfahl eine Cholezystektomie bei

asymptomatischen Patienten mit einer Porzellangallenblase oder Gallenblasensteine > 3 cm Durchmesser, aufgrund erhöhtem Risiko für die Entstehung eines Gallenblasenkarzinoms.¹³⁵ Bei den hier untersuchten geriatrischen Patienten war keine Porzellangallenblase vorhanden. Die Größe der Gallensteine wurde nicht bestimmt, so dass eine Inzidenz der Gallenblasensteine > 3 cm nicht ermittelt werden kann. 24/86 (27,9 %) Patienten waren bei der Aufnahme hilfsbedürftig, keiner nur punktuell hilfsbedürftig, 40/86 (46,5 %) pflegeabhängig. Bei 22/86 (25,5 %) Patienten erfolgte keine Angabe zu der Pflegebedürftigkeit. Bei der Entlassung waren 40/86 (46,5 %) Patienten hilfsbedürftig oder nur punktuell unselbstständig (30/86 (34,9 %) keine Angabe). Diese ist die Patientenzahl, bei denen eine Operabilität überprüft werden sollte. Nur 33/86 (38,3 %) Patienten waren letztendlich geriatrische Patienten, bei denen die GFK erfolgreich durchgeführt werden konnte. Zusammenfassend sind weitere Studien mit großzügigem Patienteneinschluss notwendig um den routinemäßigen Einsatz der Sonografie zur Detektion der Porzellangallenblase oder großen Gallenblasensteinen zu untersuchen.

Bei 6/86 (7,0 %) Patienten fanden sich inzidentelle **zystische Formationen des Pankreas**. Da alle kleiner als 1 cm waren, der Ductus pancreaticus nicht dilatiert war und es sich bei den Patienten um multimorbide Personen handelte, wurde auf weitere Diagnostikmaßnahmen verzichtet und eine Verlaufskontrolle empfohlen. Soroida et al fanden bei 3,5 % von 5198 Patienten mit einem mittleren Alter von 57,1 Jahren Pankreaszysten; die prozentuelle Anzahl an Patienten mit Pankreaszysten stieg mit dem Alter an.¹³⁶ Zerboni et al führten eine Metanalyse und ein systematisches Review bezüglich inzidenteller Pankreaszysten durch.¹³⁷ Die Prävalenz der Pankreaszysten lag bei den von ihnen untersuchten Studien zwischen 0,2 und 45,9 %, für Europa wurde ein mittlerer Wert von 8,6 % errechnet. Bisher gibt es keine Leitlinie, die ein sonografisches Screening zur Detektion der zystischen Pankreasläsionen empfahl. Die transabdominelle Sonografie spielt aktuell eine niedrigere Rolle in dieser Diagnostik im Vergleich zu der Kernspintomografie und Endosonografie.¹³⁸

2/86 (2,3 %) der hier eingeschlossenen Patienten wiesen eine **Splenomegalie** auf, eine Prozentzahl, die sich mit der Literatur¹³⁹ übereinstimmend zeigt. Es fand sich eine einzige **Nebenmilz** bei 1/86 (1,2 %) Patienten. In der vorhandenen Literatur werden diese mit 1 %¹¹³ bis 20 %¹⁴⁰ angegeben. 1/86 (1,2 %) Patienten

hatte einen asymptomatischen / älteren **Milzinfarkt**. In anderen Arbeiten lag die Inzidenz des Milzinfarktes unter 0,1 %.^{141,142}

Nierenzysten waren mit 27,9 % (24/86) der zweithäufigste inzidentelle Ultraschallbefund. Ihre Inzidenz steigt mit dem Alter an und wurde in der Literatur mit 10,3 – 40,6 % angegeben.^{143,144} In der hier vorgelegten Studie hatten 1/86 (1,2 %) Patienten eine **Nierenverkalkung**. Nach Görg et al lag die Prävalenz der Nephrolithiasis bei 5 – 12 %, asymptomatische Formen seien häufig.¹⁴⁴ Andere Autoren fanden asymptomatische Nierensteine bei 3 %, ¹⁴⁵ 7,4 %¹⁴⁶ und 8 %¹⁴⁷ der untersuchten Patienten. Da die Einleitung der Therapie symptomabhängig verläuft, scheint ein Screening der geriatrischen Patienten nicht sinnvoll zu sein. Bei spezifischen Symptomen ist die Sonografie die Diagnostikmethode der Wahl.¹⁴⁸

Eine **Prostatavergrößerung** konnte bei 8/36 (22,2 %) Männer festgestellt werden. Morin et al gaben einen deutlich höheren Wert (34,5 %) bei Männern über 50 Jahren an.¹⁰⁷

1/86 (1,2 %) Patienten hatte sonografisch eine **pathologische Darmkokarde**, die im Zusammenhang mit dem Vorhandensein mehrerer metastasensusppekter Lebertumoren und Aszites, als maligne eingestuft wurde. Die Ultraschalluntersuchung wurde in diesem Fall aufgrund von abdominalen Schmerzen und Obstipation veranlasst. Folglich handelte es sich hierbei nicht um einen Zufallsbefund. Inzidentelle kolorektale Karzinome werden bei ca. 0,47 % Autopsien detektiert.¹⁴⁹

Aszites konnte bei 4,7 % (4/86) der hier eingeschlossenen geriatrischen Patienten festgestellt werden. Andere Autoren gaben eine Prävalenz des inzidentellen Aszites von 0,08 %¹¹⁴ bis 6,8 %¹¹³ an.

Ein **Bauchaortenaneurysma** wurde bei 3/86 (3,4 %) der geriatrischen Patienten festgestellt. Bei einem der Betroffenen war das Aneurysma der Aorta abdominalis bekannt und die sonografische Untersuchung erfolgte als Monitoring; bei den zwei anderen (2,3 %) ergab sich dieses als Zufallsbefund. Andere Studien beschreiben eine Prävalenz zwischen 2,49 %¹⁵⁰ und 4,4 %¹⁵¹. Kernspintomografisch lag die Prävalenz des Bauchaortenaneurysmas unter 1 %.^{113,115} Bickerstaff et al analysierten retrospektiv die Daten von 296 Patienten mit Bauchaortenaneurysma.¹⁵² 78 % der Diagnosen waren zufällig gestellt worden. Eine inzidentelle Aortendissektion wurde als selten in der Literatur

beschrieben,¹⁵³ im Patientenkollektiv der aktuellen Studie, wurde kein Fall festgestellt. Leitliniengerecht soll bei jedem männlichen Patienten > 65 Jahren und bei weiblichen Patientinnen > 65 Jahren mit positiver Raucher-Anamnese ein sonografisches Screening erfolgen.²² Bei geriatrischen Patienten kann das Screening durchgeführt werden, falls eine therapeutische Relevanz vorhanden ist.

Thorax

5/86 (5,8 %) Patienten hatten sonografisch eine **pathologische Zahl der B-Linien**, was mehr als 3 pro Feld entspricht. 27/86 (31,4 %) Patienten hatten einen **rechtsseitigen** und 22/86 (25,5 %) Patienten einen **linksseitigen Pleuraerguss**. Garibyan et al analysierten im Vergleich hierzu Ultraschallbilder der Lungen, die während einer transthorakalen Echokardiografie aufgenommen wurden.¹⁵⁴ Das mittlere Alter der Patienten ihrer Studie war 70 Jahre und die Prävalenz der pathologischen Lungenbefunde lag bei 39 % (10 % Pleuraerguss, 19 % pathologische Zahl der B-Linien und 10 % beide Diagnosen gleichzeitig).

Schilddrüse

Alle sonografischen Untersuchungen der Schilddrüse wurden ohne klinische Fragestellung als Screening durchgeführt, somit waren alle gefundenen Auffälligkeiten Zufallsbefunde. 40/86 (46,5 %) Patienten hatten fokale oder diffuse Parenchymveränderungen der Schilddrüse, 26/86 (30,2 %) Patienten hatten Schilddrüsenknoten. Die vorbekannte Inzidenz der sonografisch detektierten Schilddrüsenpathologien als Zufallsbefunde liegt bei 9,4 %¹⁵⁵ bis 33,9 %¹⁵⁶, die der postmortem detektierten lag in einer älteren Studie¹⁵⁷ bei 49,5 %. Letzteres entspricht mehr dem hier erhobenen Ergebnis.

Eine weiterführende Relevanz ergab sich bei 2/86 (2,3 %) Patienten, es wurde eine sonografische Kontrolle empfohlen. Aus diesem Grund scheint eine routinemäßige, sonografische Kontrolle der Schilddrüse nicht sinnvoll zu sein.

37/86 (43,0 %) Patienten hatten normale, 2/86 (2,3 %) niedrige und 5/86 (5,8 %) erhöhte TSH-Werte. Eine Kontrolle der TSH-Werte erfolgte nicht bei jedem Patienten (bei 42/86 (48,8 %) Patienten gab es keine Angabe im Entlassungsbericht), so dass im Rahmen dieser Studie keine Aussage bezüglich

der Korrelation zwischen TSH-Werten und den sonografischen Veränderungen gemacht werden kann.

7.3. Normwerte

Abdomen

Die Datenlage bezüglich der Messorte und Messtechniken verschiedener Parametern der AHC und AHP ist ungleichmäßig. Die Messorte und Messtechnik dieser Studie waren gemäß denen aus der Dissertationsarbeit von Ignee.⁵⁶ Ignee untersuchte stets gesunde Individuen ohne bekannte Vorerkrankungen. Andere Studien analysierten Flussparameter der Leberarterien bei verschiedenen Erkrankungen (chronische Lebererkrankungen^{158,159} oder maligne Tumoren der Leber^{160,161}). Go et al beschrieben verschiedene Flussprofiländerungen der Arteria hepatica bei parenchymatösen Veränderungen der Leber, intraabdominalen Gefäßveränderungen (zum Beispiel Aneurysma, Dissektion) und Vaskulitiden.¹⁶² Drei der für diese Arbeit untersuchten geriatrischen Patienten hatten ein Bauchaortenaneurysma, ein pathologisches Flussprofil konnte nicht dargestellt werden. Angesichts der Patientenheterogenität der aktuellen Studie (beispielsweise eine Hepatitis C und zwei Leberzirrhosen) ist ein Vergleich zu anderen Daten schwierig. Eine Altersabhängigkeit des Diameters und Flussprofils konnte in der Literatur nicht gefunden werden.⁴² Auch in dem aktuellen Patientenkollektiv hatte das Alter der Patienten keinen Einfluss auf die gemessenen Werte.

Tabelle 18: Normwerte der AHC und AHP nach Ignee⁵⁶ und erhobene Werte der aktuellen Studie.

Parameter	Nach Ignee	Aktuelle Studie	
		HHUSD	HEUS
Erfolgreiche Messungen	47/47	54/86	61/86
für AHC / Patientenzahl	(100 %)	(62,8 %)	(70,9 %)
AHC-Diameter (mm)	4 ± 1	5,2 ± 1,48	5,3 ± 1,34
	(3 – 7)	(2,5 – 9,0)	(2,9 – 8,0)

Erfolgreiche Messungen	47/47	27/86
für AHP / Patientenzahl	(100 %)	(31,4 %)
PSV für AHP (cm/s)	58 ± 34 (23 – 193)	44,08 ± 17,07 (21,0 – 101,0)
EDV für AHP (cm/s)	20 ± 12 (8 – 60)	10,44 ± 4,33 (4,0 – 31,0)
RI für AHP	0,65 ± 0,07 (0,52 – 0,78)	0,75 ± 0,07 (0,6 – 0,9)

In der Literatur sind Flussveränderungen der **Lebervenen** (zum Beispiel in Zusammenhang mit dem Verfettungs- / Fibrosegrad der Leber¹⁶³) oder der **Pfortader** (beispielsweise bei portaler Hypertension^{164,165}) bei verschiedenen Erkrankungen vorbeschrieben. In der hier vorgelegten Studie wurden die Patienten mit Pathologien vor der Berechnung des mittleren Wertes der Flussgeschwindigkeit oder Abbildung des Flussprofils nicht ausgeschlossen. Eine Altersabhängigkeit konnte letztendlich nicht nachgewiesen werden, so dass die Normwerte für Erwachsene als Referenzbereich angenommen werden können.⁴²

Abbildung 19: Dopplersonografische (GE Logiq E9) Darstellung der Flussprofile der rechten Lebervene (a) und der Vena portae (b) bei einem Patienten mit rechtsführender kardialer Dekompensation.

a

b

Ein Vergleich zu Daten vorangegangener Studien scheint schwierig zu sein, da jeder Autor unterschiedliche Messorte und -methoden nutzte. Eine umfangreiche Literatur-Recherche bezüglich Normwerte der **Vena portae** wurde in 2010 von Sienz et al durchgeführt.⁴² Verschiedene Publikationen zwischen 1970 und 2010 wurden berücksichtigt, die Probanden waren stets über 18 Jahre. Folgende Daten wurden zu dem Durchmesser der Vena portae zusammengefasst:

Tabelle 19: Zusammenfassung Normwerte Vena portae nach Sienz et al⁴² und erhobene Werte.

Anzahl Probanden	Alter (Jahren)	Mittelwert $\pm$ Standard-abweichung (mm)	Quelle
185	43 $\pm$ 16	9,9 $\pm$ 2,0	Wermke ¹⁶⁶
100	19 – 77 (MW 57)	10,9 $\pm$ 0,2	Zoli ¹⁶⁷
75	37 $\pm$ 9	10,9 $\pm$ 1,6	Dietrich ¹⁶³
60	33 $\pm$ 9	10 $\pm$ 2	Dietrich ¹⁶⁸
40	Keine Angabe	10,9 $\pm$ 1,1	Maconi ¹⁶⁹
9	29,3 $\pm$ 0,7	9,5 $\pm$ 0,3	Arienti ¹⁷⁰
100	Keine Angabe	11 $\pm$ 2,0	Haag ¹⁷¹
84/86 (97,7 %)	84 $\pm$ 5,6	10 $\pm$ 2,2	Aktuelle Studie mit HHUSD
84/86 (97,7 %)	84 $\pm$ 5,6	10 $\pm$ 2,2	Aktuelle Studie mit HEUS

Anders als in den oben genannten Arbeiten, wo der Pfortaderhauptstamm-Durchmesser in Expiration gemessen wurde, ist bei den geriatrischen Patienten auf ein Atemmanöver verzichtet worden.

Bilic et al untersuchten 99 gesunde Probanden und 55 Patienten mit histologisch gesicherter Lebererkrankung.¹⁷² Der mittlere Diameter der Vena portae war 11,2 $\pm$ 1,25 mm bei den gesunden Probanden und 10,8 $\pm$ 1,48 mm bei den Lebererkrankten.

In seiner Doktorarbeit untersuchte Ignee unter anderem die Normwerte der Vena portae bei 47 gesunden Probanden.⁵⁶ Es erfolgte die Messung an zwei verschiedenen Messorten: interkostal in der vorderen Axillarlinie im 10. ICR (intrahepatisch) und subkostal kurz nach Vereinigung der Vena mesenterica superior mit der Vena lienalis (Konfluenz). Es fanden sich unterschiedliche Parameter an den angegebenen Messorten sowohl für den Diameter als auch für die Geschwindigkeit. Der intrahepatische Messort hatte einen deutlich günstigeren Winkel.

Tabelle 20: Normwerte der VP intrahepatisch und von subkostal nach Ignee.⁵⁶

Parameter	VP intrahepatisch	VP subkostal
Diameter (mm)	9 ± 2 (6 – 12)	9 ± 1 (7 – 12)
Vmax (cm/s)	20 ± 6 (12 – 40)	35 ± 14 (13 – 85)
Vmin (cm/s)	12 ± 5 (3 – 30)	22 ± 7 (6 – 45)
RI	$0,36 \pm 0,13$ (0,14 – 0,75)	$0,36 \pm 0,1$ (0,16 – 0,63)
Winkel > 60°	6 %	56 %

Eine spätere Studie von Ignee et al beschrieb die Untersucherabhängigkeit der dopplersonografischen Messungen der mesenterialen Gefäße.¹⁷³ Die intrahepatische Messung der Vena portae wurde empfohlen.

Zu der Alterskorrelation der Messwerte der Vena portae gibt es bisher ebenso widersprüchliche Aussagen. Eine Altersabhängigkeit des Durchmessers der VP konnten Niederau et al feststellen.¹⁷⁴ Im Gegensatz dazu war in der Arbeit von Zoli et al sowie in der hier vorgelegten Arbeit keine positive Korrelation zwischen den beiden Parametern zu erkennen.¹⁷⁵

Luntsi et al untersuchten 201 gesunde Probanden und stellten fest, dass es eine positive Korrelation zwischen Vena portae Diameter und BMI gibt.¹⁷⁶ Der mittlere Wert war $9,6 \pm 1,41$ mm. In der hier vorgelegten Arbeit wurde der BMI nicht berücksichtigt.

Da die geriatrischen Patienten oft aufgrund von Immobilität, Dyspnoe und Schwerhörigkeit und dadurch mangelnder oder fehlender Mitarbeit erschwert zu untersuchen waren, wurde kein Atemmanöver angewandt. Die Messung der **rechten Lebervenen** ergibt zumeist Informationen über den Volumenstatus des Patienten, welcher von Tag zu Tag unterschiedlich sein kann. Die Untersuchung mit beiden Geräten erfolgte an verschiedenen Tagen, tagesabhängige Variationen sind somit nicht ausgeschlossen. Zur Ermittlung des Mittelwerts wurden alle Patienten miteinbezogen, die Probanden mit klinischen und sonografischen Zeichen einer kardialen Überbelastung oder Leberparenchymschäden wurden nicht abgetrennt. Diese Faktoren und die Heterogenität der Messorte und -methoden der Literatur erschweren einen

Vergleich der erhobenen Daten mit der vorbestehenden Datenlage.⁴² Die Frage nach Altersabhängigkeit der Parameter kann unter diesen Umständen nicht beantwortet werden.

In der Literatur liegen unterschiedliche Daten zu den Normwerten der Lebervenen und Varianten der Flussprofile vor.⁴² Einige Autoren untersuchten die mittlere Lebervene, nah an der Konfluenz, was zu einer erheblichen Variationsbreite führen kann.¹⁷⁷ Diese ist dadurch zu erklären, dass die sonografische Darstellung häufig nur von subkostal in Inspiration gelingt, was wiederum zu Atem- und Druckvariationen führen kann.¹⁷⁸ Die Darstellung des Flussprofils der rechten Lebervene erfolgt bei vielen Autoren von interkostal (10. – 11. ICR) in leichtgradiger Linksseitenlage.^{56,163} Eine Altersabhängigkeit kann aus der genannten Literatur nicht abgeleitet werden,⁴² ein Vergleich ist bei unterschiedlichen Untersuchungsmethoden aber auch verschiedenen Patientenkollektiven erschwert.

Tabelle 21: Zusammenfassung des Durchmessers der Lebervenen in mm nach Sienz et al⁴² und erhobene Werte.

Pro- banden	Rechte Lebervene (mm)	Mittlere Lebervene (mm)	Linke Lebervene (mm)	Quelle
40	Frauen 5,6 ± 1,7 (3 – 9) Männer 6,2 ± 1,43 (4 – 9)	Keine Angaben	Keine Angaben	Henriksson ¹⁷⁹
117	9,2 ± 2,7	7,2 ± 1,8 1 cm distal der Konfluenz der Lebervenen	7,2 ± 1,8 1 cm distal der Konfluenz der Lebervenen	Causemann ¹⁷⁷
75	6,6 ± 1,3 (3 – 10) 6 – 8 cm distal der Konfluenz der Lebervenen	Keine Angaben	Keine Angaben	Dietrich ¹⁶³

60	6 ± 1 (4 – 9) 6 – 8 cm distal der Konfluenz der Lebervenen	Keine Angaben	Keine Angaben	Dietrich ¹⁶⁸
77/86 (89,5 %)	6,3 ± 2,54 (1,7 – 18,0) 5 – 6 cm distal der Konfluenz der Lebervenen	Keine Angaben	Keine Angaben	Aktuelle Studie mit HHUSD
79/86 (91,8 %)	7,0 ± 2,18 (1,7 – 14,0) 5 – 6 cm distal der Konfluenz der Lebervenen	Keine Angaben	Keine Angaben	Aktuelle Studie mit HEUS

Ignée untersuchte 47 gesunde Probanden, der mittlere Diameter der Vena hepatica dextra lag bei 7 ± 2 (5 – 11) mm, 90 % der Probanden hatten ein triphasisches, 4 % ein biphasisches, 4 % ein monophasisches und 2 % ein tetraphasisches Muster.⁵⁶ Im Vergleich hierzu hatten nur 43/86 (50,0 %) der hier vorgestellten geriatrischen Patienten ein triphasisches Muster, bei 23/86 (26,7 %) konnte ein biphasisches Flussprofil dargestellt werden.

Sekimoto et al untersuchten 97 Patienten mit chronischer Hepatitis (42 Patienten) oder Leberzirrhose (55 Patienten).¹⁸⁰ Alle Patienten bekamen eine Dopplersonografie der Lebervenen und eine Elastografie. Die Messung der Lebervene erfolgte von interkostal, 2 – 3 cm distal des Abgangs aus der Vena cava inferior. Es wurden drei verschiedene Flussprofile dokumentiert: monophasisch (13,4 %), biphasisch (57,7 %) und triphasisch (28,9 %). Es konnte zunächst festgestellt werden, dass der Fibrosegrad in der triphasischen Gruppe ($11,2 \pm 8,4$ kPa) niedriger war als in der monophasischen Gruppe ($32,5 \pm 23,5$ kPa) und in der biphasischen Gruppe ($25,6 \pm 18,1$ kPa).

In dem aktuellen Patientenkollektiv lag der mittlere Messwert der **Lebersteifigkeit** bei $8,58 \pm 6,62$ kPa. Zwei dieser Patienten hatten sonografische Zeichen für eine Leberzirrhose, eine histologische Abklärung ist nicht erfolgt.

Wenn diese beiden Patienten ausgeschlossen werden, ergibt sich ein mittlerer Wert von 7,76 kPa. Bereits in 2009 publizierten Salles et al eine prospektive Studie, die unterschiedliche mittlere Werte bei älteren Patienten ohne Leberpathologien (6,1 kPa) und jüngeren lebergesunden Patienten (4,9 kPa) ergab.¹⁸¹ Ebenso war die Elastografie eine geeignete Methode zur Diagnosesicherung einer Leberfibrose. Zusätzlich konnte festgestellt werden, dass die Untersuchung bei älteren Patienten aufgrund Immobilität, schlechter Mitarbeit, Schultergelenkerkrankungen usw. erschwert sein kann. Andere Studien fanden keinen Zusammenhang zwischen dem Alter des Patienten und erhobenen Werten durch Elastografie.^{182,183} Die „European Federation of Societies of Ultrasound in Medicine and Biology“ (EFSUMB) – Empfehlungen und Leitlinie für die Leberelastografie gaben als Normbereich das Intervall von 4,4 bis 5,5 kPa an.¹⁸⁴ Das Alter war hierbei kein Confounding Faktor, bei Personen mit Diabetes mellitus und Adipositas seien Werte über 8 kPa aber nicht ungewöhnlich.

Die transiente Scherwellenelastografie mittels **FibroScan** wurde bisher nicht als Screening-Untersuchung bei geriatrischen Patienten evaluiert. Die EFSUMB-Leitlinie zeigt die Elastografie als Assessment-Methode der Leber bei verschiedenen Erkrankungen auf.¹⁸⁴ Um sie zu einer Screening-Methode ernennen zu können, sind weitere Studien notwendig. Bei passender Klinik, Anamnese, Laborkonstellation und sonografischem Bild der Leber kann elastografisch ein fibrotischer oder zirrhotischer Umbau der Leber festgestellt werden.^{184,185} Im Vergleich zu der Leberbiopsie ist die Elastografie schnell verfügbar, nicht-invasiv, günstiger und Patienten-freundlicher. Diese Aspekte sind besonders in der geriatrischen Diagnostik wertvoll, da die medizinische Abklärung so wenig aufwendig und invasiv wie möglich gestaltet werden sollte. Bei den geriatrischen Probanden dieser Studie war die transiente Elastografie bei 65/86 (75,6 %) Patienten erfolgreich. Die Erfolgsrate der Messungen mittels FibroScan liegt in der Literatur zwischen 70,8 %¹⁸⁶ und 98,4 %¹⁸⁷. Sirli et al erwähnten folgende negative Faktoren für die Erfolgsrate der Messung der Lebersteifigkeit: Alter > 50 Jahre, weibliches Geschlecht, BMI > 27,7 kg/m², Gewicht > 77 kg und Größe < 162 cm.¹⁸⁶ Bei Vorhandensein aller Faktoren lag die Rate der misslungenen Messungen bei 58,8 %. Das Alter ist als negativer prädiktiver Faktor für die Erfolgsrate der elastografischen Messungen

bekannt.^{188,189} Leitliniengerecht wird empfohlen die Messung zwei Stunden postprandial durchzuführen, da sonst fälschlich erhöhte Werte festgestellt werden können.^{184,185} In der hier vorgelegten Arbeit wurde die postprandiale Pause nicht berücksichtigt und auf die Messung in der Atempause wurde verzichtet. Patienten mit Leberstauung, Adipositas oder Diabetes mellitus wurden nicht ausgeschlossen. Alle diese Faktoren könnten dazu geführt haben, dass ein höherer Wert als der in der Leitlinie angegebene ermittelt wurde.¹⁸⁴

Alternativ zur transienten Scherwellenelastografie kann die real-time Scherwellenelastografie angewandt werden, die nach nur einer Messung einen endgültigen Messwert ausgibt. Im Vergleich dazu benötigt ein FibroScan zehn gültige Messungen, um daraus einen Mittelwert ermitteln zu können. Aufgrund der längeren Untersuchungsdauer und der häufigen Undurchführbarkeit eines Atemmanövers kann ein FibroScan bei geriatrischen Patienten erschwert sein. Osman et al untersuchten 215 Patienten mit einem mittleren Alter von 51 ± 6 Jahren und bekannter Hepatitis B oder C mit 2D-Scherwellen-Elastografie und FibroScan.¹⁹⁰ Eine Messung gelang bei 14,3 % der Patienten mit FibroScan und bei 6,7 % der Patienten mit 2D-Scherwellen-Elastografie nicht. Die Ergebnisse stimmten in 90,6 % der Fälle mit FibroScan und in 87,2 % der Fälle mit 2D-Scherwellen-Elastografie mit den Ergebnissen der Histologie überein. Ob letztendlich die real-time Scherwellenelastografie dem FibroScan bei geriatrischen Patienten überlegen ist, muss in weiteren Studien überprüft werden.

Der **DHC** wird bei Personen < 65 Jahre als normal beschrieben bei einem Diameter von 4 – 6 mm.⁴³ Im Vergleich zu anderen Studien wurde in dieser Arbeit der DHC in dem Bereich gemessen, wo er am besten sichtbar war. Das mittlere Alter lag bei $84 \pm 5,6$ Jahre (66 – 95), was den durchschnittlichen Wert von über 6 mm erklären kann.

Eine positive Korrelation zwischen dem Durchmesser des Gallengangs und dem Alter der Patienten wie in dieser Studie konnte von Kaude¹⁹¹ und Wu et al¹⁹² beobachtet werden. Kaim et al untersuchten 92 symptomatische Patienten mit einem mittleren Alter von $84,7$ (75 – 96) Jahren.¹⁹³ Der mittlere Durchmesser für DHC war $6,5 \pm 2,5$ mm. Zunächst wurden die Patienten in zwei Gruppen eingeteilt: Cholezystolithiasis-Gruppe und keine Cholezystolithiasis-Gruppe. Dementsprechend wurde als normale Obergrenze des DHCs ein Wert von

10 mm vorgeschlagen. Es zeigte sich zusätzlich ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Probanden ohne Cholezystolithiasis ($6,2 \pm 2,3$ mm) und denjenigen mit Zustand nach Cholezystektomie ($8,7 \pm 2,9$ mm). Das Vorhandensein von Gallenblasensteinen hatte keinen Einfluss auf den Durchmesser des DHCs ($6 \pm 1,6$ mm) im Vergleich zu dem Durchmesser des DHCs bei Patienten ohne Cholezystolithiasis.

Bachar et al maßen den Durchmesser des DHCs bei 251 Patienten (126 männlich, 125 weiblich).¹⁹⁴ Das Alter variierte von 20 bis 94 Jahren. Eine jährliche Durchmesser-Zunahme von 0,04 mm konnte festgestellt werden (mittlerer Wert für Patienten < 50 Jahre $3,12 \pm 0,86$ mm, mittlerer Wert für Patienten > 50 Jahre $4,19 \pm 1,15$ mm), ein oberer Wert von 8,5 mm wurde als Normwert vorgeschlagen. Außerdem wurden folgende Werte gemessen: DHC proximal $3,39 \pm 1,14$ mm, DHC mittig $3,72 \pm 1,28$ mm, DHC distal $4,28 \pm 1,18$ mm.

Bei den 86 Patienten der aktuellen Studie konnten folgende Messwerte **des Pankreas** dokumentiert werden: der mittlere links-rechts Durchmesser des Pankreaskopfes mit HHUSD $2,6 \pm 0,74$ cm und $2,5 \pm 0,65$ cm mit HEUS, der kraniokaudale Durchmesser des Pankreaskopfes $6,0 \pm 1,45$ cm mit HHUSD und $6,0 \pm 1,34$ cm mit HEUS, der mittlere Durchmesser (anteroposterior) des Pankreaskorpus $1,5 \pm 0,49$ cm mit HHUSD und $1,3 \pm 0,40$ cm mit HEUS, der mittlere Durchmesser des Pankreaskaudas $2,4 \pm 0,68$ cm mit HHUSD und $2,0 \pm 0,49$ cm mit HEUS.

Eine konkrete Aussage zu der Pankreasgröße und altersbedingten Größenveränderung scheint aufgrund der bisher publizierten Daten erschwert zu sein.⁴³ Eine standardisierte Messtechnik liegt nicht vor, also ist ein Vergleich der Werte an meist unterschiedlichen Messorten kaum möglich. Niederau et al konnten eine signifikante Zunahme des anteroposterioren Durchmessers des Pankreaskopfs und -körpers mit dem Alter feststellen, der mittlere Durchmesser des Pankreaskopfs war $2,2 \pm 0,3$ cm und des Pankreaskorpus $1,8 \pm 0,3$ cm.¹⁷⁴ Pirri et al untersuchten die Größe des Pankreaskopfs bei 77 gesunden Patienten (52 weiblich, 25 männlich).¹⁹⁵ Der rechts-links Durchmesser lag bei $33 \pm 7,6$ mm für Frauen, $36 \pm 7,1$ mm für Männer, der anteroposteriore Diameter bei $23 \pm 5,5$ mm bzw. $25 \pm 5,3$ mm, der kraniokaudale Diameter bei $46 \pm 8,5$ mm bzw. 54 ± 10 mm. Alle Werte wurden in Rückenlage des Patienten erhoben.

Der normale Durchmesser des **Ductus pancreaticus** liegt unter 2 mm, jedoch sind Werte zwischen 2 und 3 mm postprandial oder im Rahmen von chronischen biliären Erkrankungen möglich.¹⁹⁶ Der mittlere erhobene Durchmesser des Ductus pancreaticus bei den in der aktuellen Studie aufgenommenen Patienten war $2,5 \pm 0,77$ mm mit HHUSD und $2,4 \pm 0,85$ mm mit HEUS. Die Untersuchungen wurden an unterschiedlichen Zeitpunkten des Tages durchgeführt, so dass postprandiale Messungen nicht auszuschließen sind. Das Vorhandensein einer chronischen biliären Vorerkrankung wurde nicht ausgeklammert, zwei Patienten (2/86, 2,3 %) zeigten sonografische Zeichen für eine Choledocholithiasis.

Der Ductus pancreaticus wurde von Hadidi bei 49 Probanden in der transversalen Ebene gemessen.¹⁹⁷ Im Pankreaskopfbereich konnte ein mittlerer Wert von 3 mm festgestellt werden, im Korpus proximal 2,1 mm und distal 1,6 mm. Bei den hier eingeschlossenen geriatrischen Patienten erfolgte die Messung im Pankreaskopf- oder -korpusbereich, je nachdem welche Region besser dargestellt werden konnte. Glaser et al stellten eine positive Korrelation zwischen dem Durchmesser des Ductus pancreaticus und dem Alter des Patienten fest,¹⁹⁸ was der Feststellungen dieser Studie nicht entspricht. Während der Mittelwert in der Gruppe 40 – 49 Jahre 1,9 mm war, lag er in der Gruppe > 80 Jahre bei 2,3 mm.

Für die **Milz** wurde in den meisten Publikationen ein Längsdurchmesser angegeben, der mit dem Alter leicht abnehmend und kleiner als 12 cm ist.^{40,174,199} Für den Milzlängsdurchschnitt ergaben sich in dem aktuellen geriatrischen Patientenkollektiv ähnliche Ergebnisse wie in der bisherigen Literatur ($9,2 \pm 1,93$ cm mit HHUSD und $9,3 \pm 1,98$ cm mit HEUS).⁴⁰ Eine Nebmilz konnte bei 1/86 (1,2 %) Patienten festgestellt werden. Dietrich et al untersuchten 92 Probanden in einem mittleren Alter von 33 Jahren und fanden bei 14 % eine Nebmilz.²⁰⁰ Ob es bei älteren Patienten eine bestimmte Inzidenz der Nebmilzen gibt, kann aus der aktuellen Studie und bisherigen Datenlage nicht beantwortet werden.

Bei älteren Patienten (> 65 Jahre) nimmt die Größe der **Nieren** ab (9,1 – 12 cm für Frauen, 9,4 – 12,2 cm für Männer).^{40,44} Emamian et al untersuchten 665 Probanden und stellten eine altersabhängige Regression der Nierengröße fest.²⁰¹ So lag in der 50-jährigen Gruppe der mittlere Längsdurchschnitt für die

rechte Niere bei 110 mm und für die linke Niere bei 113 mm, während in der 70-jährigen Gruppe der mittlere Wert für die rechte Niere 104 mm und für die linke Niere 105 mm war. Anders als in mehreren Arbeiten²⁰¹⁻²⁰⁴ war der Längsdurchschnitt der linken Niere im aktuellen geriatrischen Patientenkollektiv minimal größer als der rechten (links $9,2 \pm 1,19$ cm mit HHUSD und $9,8 \pm 1,27$ cm mit HEUS, rechts $9,3 \pm 1,04$ cm mit HHUSD und $9,8 \pm 1,19$ cm mit HEUS). Die Kreatinin-Werte waren bei 36/86 (41,9 %) Patienten normal, bei 25/86 (29,0 %) erhöht und bei 23/86 (26,7 %) erfolgte keine Angabe darüber in dem Entlassungsbericht.

Das mittlere Volumen der **Prostata** lag bei $31,0 \pm 22,69$ ml mit HHUSD und $30,1 \pm 15,88$ ml mit HEUS. Das Volumen der Prostata liegt bei 20 – 25 ml und nimmt mit dem Alter zu.²⁰⁵ Die transabdominelle Sonografie hat einen niedrigeren Diagnostikwert als die transrektale Sonografie.²⁰⁵ Bosch et al berichteten über eine Zunahme des Prostatavolumens von 2,2 % pro Jahr.²⁰⁶ Zhang et al untersuchten das Prostatavolumen mit einer intrarektalen Sonde bei Männern zwischen 40 und 70 Jahren.²⁰⁷ In der Gruppe 3 (60 – 70 Jahre) konnte ein Volumen von $35,03 \pm 17,41$ ml dokumentiert werden. In der hier vorgelegten Studie lag das mittlere Alter der männlichen Patienten (36/86 (41,9 %)) bei 81,6 Jahren; für die Patienten (20/36 (55,6 %)), bei denen eine Messung des Prostatavolumens mit beiden Geräten durchgeführt wurde, bei 81,8 Jahren. Das erhobene Volumen ist im Vergleich zu der oben genannten Studie kleiner.²⁰⁷ Die Differenz könnte dadurch erklärt werden, dass die dort verwendete transrektale Untersuchung gegenüber der transabdominellen Technik eine genauere Messung und Beurteilbarkeit der Prostata bietet.

Der erhobene mittlere Durchmesser der **Vena cava inferior** war übereinstimmend mit der Literatur (Normwert bis 20 mm).²⁰⁸ Der Durchmesser der VCI hat mehrere Variablen: Schallkopf- und Messposition, Patientenlage, Atmung und Herzfrequenz. Die bisherige Literatur bietet widersprüchliche Angaben zu den altersbedingten Veränderungen. Valecchi et al untersuchten 250 Patienten (50 bis 91 Jahre) und konnten keine positive Korrelation zwischen dem Durchmesser der VCI und dem Alter des Patienten feststellen.²⁰⁹ Diese Schlussfolgerung entspricht den hier dargestellten Ergebnissen, jedoch wurden die Patienten mit Rechtsherzbelastungszeichen nicht ausgeschlossen. Folglich kann eine korrekte Aussage nicht gemacht werden.

Masugata et al führten bei 200 Patienten mit kardiovaskulären Risikofaktoren, aber ohne Herzerkrankung, die echokardiografische Messung der VCI durch, um die Anwendung der sonografischen Messung in der Geriatrie zu überprüfen.²¹⁰ Es zeigte sich, dass der maximale Durchmesser der VCI mit zunehmendem Alter abnimmt, aber die atemabhängige Kollapsibilität der VCI zunimmt, was ein Hinweis auf einen reduzierten Druck im rechten Vorhof ist. Im Gegenteil dazu, fanden Innelli et al eine negative Korrelation des VCI-Durchmessers und eine positive Korrelation der atemabhängigen Kollapsibilität der VCI zu dem Alter heraus.²¹¹

Tabelle 22: Normwerte Vena cava inferior.

Patienten	Alter	Messort und -technik	Durchmesser der VCI (mm)	Quelle
250 (gesund)	50 – 91	- Proximal des Abganges der Iliakalvenen und 4 cm nach dem Ursprung der VCI	17 ± 1,3 (14 – 26)	Valecchi ²⁰⁹
		- In Atemstillstand nach Inspiration	19,9 ± 1,7 (17 – 22,8)	
200 (vorerkrankt)	61 ± 15 (17 – 94)	- 2 cm vor der Einmündung in den rechten Vorhof	11 ± 4 (max) 5 ± 3 (min)	Masugata ²¹⁰
		- Normale Atmung		
40	10 – 19	- 1 – 2 cm vor der Einmündung in den rechten Vorhof	10 ± 2 (8 – 12)	Innelli ²¹¹
53	20 – 29		11 ± 4 (3 – 20)	
41	30 – 39		14 ± 2 (12 – 15)	
52	40 – 49		14 ± 4 (11 – 16)	
53	50 – 59	- Von subkostal	14 ± 2 (13 – 15)	
37	60 – 69		15 ± 3 (13 – 16)	
22 (gesund)	> 70		17 ± 1 (14 – 19)	

			<u>VCI max</u>	<u>VCI min</u>	Aktuelle
3	66 – 70	- 1 – 2 cm vor der	19 ± 3	9 ± 2	Studie
		Einmündung in	(HHUSD)	(HHUSD)	
		den rechten	13 ± 6	6 ± 6	
		Vorhof	(HEUS)	(HEUS)	
18	71 – 80	- Von subkostal	15 ± 9	8 ± 10	
			(HHUSD)	(HHUSD)	
			19 ± 8	11 ± 10	
			(HEUS)	(HEUS)	
54	81 – 90		17 ± 5	8 ± 6	
			(HHUSD)	(HHUSD)	
			17 ± 5	7 ± 6	
			(HEUS)	(HEUS)	
11	> 91		13 ± 4	4 ± 5	
			(HHUSD)	(HHUSD)	
			16 ± 4	5 ± 4	
		(vorerkrankt)	(HEUS)	(HEUS)	

Der Durchmesser der **Aorta abdominalis** variiert je nach Körpergröße und Geschlecht der Patienten, Messort (supra- / infrarenal), Messebene (transversal / anteroposterior) und Messtechnik (Außen- / Innendurchmesser).⁴⁴ Angesichts dieser Faktoren sind die bisherigen Daten inhomogen. Ein Durchmesser von über 3 cm wird stets als pathologisch bezeichnet. Der mittlere Durchmesser bei den 86 geriatrischen Patienten der aktuellen Studie für die **Aorta abdominalis** war $2,0 \pm 0,68$ cm mit HHUSD und $2,0 \pm 0,55$ cm mit HEUS. Singh et al untersuchten 334 Patienten mit Aneurysma und 240 Patienten ohne Aneurysma.²¹² Der normale infrarenale transversale (wie in der aktuellen Studie) Durchmesser war 20,9 mm. Mit zunehmendem Alter kommt es zu einer Abnahme der Dehnbarkeit der Aorta, was dazu führt, dass der Durchmesser der Aorta abdominalis zunimmt.²¹³ Die gleiche Feststellung machten Pedersen et al²¹⁴, Lawrence-Brown et al²¹⁵ und Sariosmanoglu et al²¹⁶. Bei dem geriatrischen Patientenkollektiv konnten keine altersbedingten Veränderungen des Durchmessers festgestellt werden. Boll et al untersuchten 2416 männliche Probanden im Rahmen eines Screenings auf Bauchaortenaneurysma und konnten ebenfalls keinen Einfluss des Alters auf den Durchmesser der Aorta

abdominalis feststellen.²¹⁷ Der Fakt, dass die meisten Autoren eine altersbedingte Zunahme des Aortakalibers beschreiben und diese Arbeit nicht, kann durch die geringeren Patientenzahlen erklärt werden.

Schilddrüse

Die Hypothyreose ist eine häufige Erkrankung der geriatrischen Patienten, die einen direkten Einfluss auf die Komorbiditäten, Leistungsfähigkeit, Allgemeinbefinden, soziale Anbindung und sogar Mortalität der Patienten hat.²¹⁸⁻

²²¹ Es ist unklar, ob bei geriatrischen Patienten andere sonografische Normwerte als bei Erwachsenen möglich sind und wie oft fokale Veränderungen vorkommen. In der Literatur liegt der obere Grenzwert für das normale Schilddrüsenvolumen bei 18 ml für erwachsene Frauen und bei 25 ml für erwachsene Männer.^{222,223}

Laut Gaitini et al hat die Schilddrüse ein Normalvolumen von ca. 18,6 ml.²²⁴

Einige Autoren beschreiben eine Größenabnahme der Schilddrüse mit steigendem Alter.¹⁵⁷ Ein für den geriatrischen Patienten spezifisches, sonografisch gemessenes Schilddrüsenvolumen konnte in der aktuellen Datenlage nicht gefunden werden.

Das mittlere Volumen des rechten Schilddrüsenlappens war im aktuellen Kollektiv $4,6 \pm 3,66$ ml mit HHUSD und $5,6 \pm 5,92$ ml mit HEUS, des linken Schilddrüsenlappens $4,0 \pm 3,51$ ml mit HHUSD und $4,3 \pm 5,04$ ml mit HEUS. Das mittlere Volumen wurde aus Daten aller geriatrischen Patienten berechnet, Patienten mit fokalen Pathologien wurden nicht ausgeschlossen. Zudem ist die Patientenzahl zu gering, um eine exakte Bewertung zu erlauben.

Die Frage nach altersspezifischen Größenveränderungen der Schilddrüsen kann anhand der aktuellen Auswertung nicht beantwortet werden.

7.4. HHUSD versus HEUS bei geriatrischen Patienten

Die kleinsten portablen Ultraschallgeräte im Taschenformat (z.B. Vscan™) ermöglichen die Durchführung einer Ultraschalluntersuchung als erweiterte klinische Untersuchung. Diesbezüglich könnte man das Gerät im Rahmen der Visite am Patientenbett einsetzen (POCUS), um die klinischen Befunde zu ergänzen. Die EFSUMB definierte diese Methode als „EchoScopy“.²²⁵ Es war

bisher nicht ausreichend untersucht, ob die POCUS für die geriatrischen Fragestellungen ausreichend war.

Obwohl die ersten klinischen Ultraschallbilder bereits 1947 publiziert wurden,²²⁶ kamen die ersten portablen Geräte erst in den 90er Jahren zum Einsatz. Aufgrund reduzierter Bildqualität war die Anwendbarkeit bis in die 2010er Jahre eingeschränkt. Moore et al zeigten in einem Review 2011, dass die POCUS in mehreren Medizingebieten (wie zum Beispiel Kardiologie, Anästhesie, Dermatologie, Notfallmedizin, Neurologie, Pädiatrie, Urologie, Rheumatologie, Nephrologie, Orthopädie, Augenheilkunde usw.) eingesetzt werden kann.²²⁷

Die Effektivität portabler Ultraschallgeräte in der abdominalen Untersuchung wurde bereits von Seitz et al in einer Publikation von 2003 diskutiert.²²⁸ In der Studie wurden mit dem portablen Gerät alle relevanten Befunde für die Stellung einer Diagnose erfasst; allerdings wurden ca. ein Viertel der Befunde übersehen, die mit einem high-end-Gerät erkennbar waren. Erfreulicherweise waren die übersehenen Befunde klinisch irrelevant. Erwartungsgemäß wurden Befunde übersehen, die eine höhere Bildqualität erfordern (z.B. Appendizitis, M. Crohn, kleine Gallensteine).

Barreiros et al verglichen die erhobenen Daten mit Hilfe des Vscans™ und eines HEUS und fanden heraus, dass die Bildqualität des Vscans™ gut und ausreichend bei 97,4 % der Patienten war.²²⁹ Die Detektionsrate des Vscans™ für die fokalen Veränderungen lag bei 97 %. Auch die Größenbestimmung konnte gut korreliert werden. Der Vaskularisationsgrad der fokalen Läsionen war in 93,8 % der Fälle übereinstimmend. In einer weiteren Studie nahmen Barreiros et al 300 Patienten auf, die zuerst mit Vscan extend™ (Dual Probe) und anschließend mit GE Logiq E9 untersucht wurden.²³⁰ Die Bildqualität zur sonografischen Darstellung der pathologischen Befunde war gut bis ausreichend in 88 % der Fälle. Der hochfrequente Schallkopf war hilfreich bei 12 % der Patienten.

Abdomen

Fröhlich et al schlossen in einer prospektiven Studie 112 geriatrische Patienten ein.²³¹ Jeder Patient wurde von zwei verschiedenen Untersuchern geschallt, es wurden zwei verschiedene Ultraschallgeräte eingesetzt (HHUSD / Vscan™ und HEUS). Das HHUSD im Vergleich zu HEUS lieferte ausreichende Informationen

zu den geriatrischen Patienten, um die Diagnose richtig stellen zu können und um eine adäquate Therapie einzuleiten.

Zur Feststellung der fokalen und diffusen **Leberläsionen** zeigten beide Geräte in der hier vorgelegten Studie eine beachtliche bis vollkommene Übereinstimmung (zum Beispiel Sensitivität für Fettleber 88,46 %). In der Darstellung der fokalen echoarmen Fettverteilungsstörungen war die Sensitivität des HHUSD nur 50 %, der Leberzirrhose 66,67 %. Bei allen Patienten mit Leberzirrhose erfolgte keine histologische Sicherung, die Diagnose wurde bildgebend gestellt.

Bei den falsch negativen Befunden mit HHUSD handelte es sich bis auf eine Leberzirrhose um klinisch irrelevante Befunde. Die eine Leberzirrhose, die nur bei der HEUS-Untersuchung festgestellt werden konnte, war eine Folge einer chronischen Leberstauung und führte zu keiner weiteren Änderung der vorgesehenen Therapie. Folglich lieferte die POCUS hier ausreichend valide Informationen über den Leberstatus der untersuchten Patienten. Bei der Fragestellung nach malignen Prozessen der Leber ist eine alleinige Untersuchung mit HHUSD unzureichend. Zum einen können oberflächliche Strukturen durch die sektorschallkopf-spezifische Abbildung nicht abgeleitet werden. Eine Umstellung auf den Linearschallkopf kann in diesem Fall zusätzliche Informationen liefern. Zum anderen sind kleine fokale Veränderungen (im aktuellen Patientenkollektiv: Leberhämangiom, fokale Fettverteilungsstörungen) nur eingeschränkt mit HHUSD zu erkennen. Daraus ergibt sich die Empfehlung bei onkologischen Fragestellungen die sonografische Untersuchung mit HEUS durchzuführen.

Ähnliche Ergebnisse wurden in der Arbeit von Fröhlich et al beschrieben.²³¹ Hier wurden 4 Leberzysten < 5 mm, eine Leberraumforderung und ein Hämangiom mit HHUSD übersehen.

Khov et al diskutierten den Einsatz von bedside-Sonografie zur Detektion einer nicht-alkoholischen Fettleber. Eine sonografische Diagnosestellung sei sensitiv bei einem Fettgehalt der Leber > 33 %.²³² Zu dieser Feststellung kann diese Studie keine Äußerung vornehmen, da eine histologische Untersuchung nicht erfolgte.

Abbildung 20: Sonografische Darstellung von Lebermetastasen mit Vscan extend™ (L = normales Lebergewebe; M = Metastase).

Die **Arteria hepatica communis** konnte bei 54/86 (62,8 %) Patienten mit HHUSD und bei 61/86 (70,9 %) mit HEUS gemessen werden. Es zeigte sich eine gute Übereinstimmung der erhobenen Befunde für den Durchmesser der Arteria hepatica communis ($5,2 \pm 1,48$ mm mit HHUSD und $5,3 \pm 1,34$ mm mit HEUS).

Die **Vena portae** war sichtbar bei 84/86 (97,8 %) Patienten mit HHUSD und HEUS, die erhobenen Werte waren statistisch signifikant unterschiedlich. Nachteilig verfügte das Vscan extend™ nicht über die Möglichkeit einer PW-Ableitung, was die ergänzende Untersuchung mit HEUS für die Bestimmung des Flussprofils unverzichtbar macht.

Die **rechte Lebervene** war messbar bei 77/86 (89,5 %) geriatrischen Probanden mit HHUSD und bei 79/86 (91,8 %) Patienten mit HEUS. Der mittlere Durchmesser für die rechte Lebervene war hier statistisch signifikant unterschiedlich. Ursächlich dafür sind möglicherweise folgende Tatsachen:

- Die Untersuchungen wurden zu unterschiedlichen Zeitpunkten durchgeführt, ein unterschiedlicher Volumenstatus und damit verbunden ein abweichender Durchmesser der rechten Lebervene sind nicht ausgeschlossen.
- Ein Atemmanöver wurde nicht angewandt.

Es konnte keine Quelle gefunden werden, die sich mit der Messung der Lebergefäße mittels eines HHUSDs beschäftigte. Die Erfolgsrate der Lebergefäßmessungen konnte nicht mit anderen Ergebnissen verglichen werden, da die Arbeiten, die dopplersonografischen Daten erhoben, erfolgreiche Messungen anwandten.

Die S3-Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Gastroenterologie, Verdauungs- und Stoffwechselkrankheiten (DGVS) und der Deutschen Gesellschaft für Allgemein- und Viszeralchirurgie (DGAV) zur Prävention, Diagnostik und Behandlung von Gallensteinen (AWMF-Registernummer 021 / 008) empfahl die Sonografie als Methode der Wahl für die Diagnosestellung einer Cholezystolithiasis, da die Sensitivität > 95 % sei.¹³⁵ Im Vergleich dazu war die Sensitivität des HHUSDs für den Nachweis einer **Cholezystolithiasis** bzw. **Gallenblasensludge** 84,85 % bzw. 83,33 %. Del Medico et al wiesen eine Sensitivität des Vscans™ gegenüber HEUS von 93,8 % nach, wenn die Untersuchung von einem erfahrenen Operateur durchgeführt wurde, und eine von 75 % bei nicht erfahrenen Operateuren.²³³ Die Sensitivität für die Feststellung von **Gallengangsteinen** war in der hier vorgelegten Studie niedriger (66,67 %), möglicherweise durch die schlechtere Schallbarkeit der geriatrischen Patienten. Die oben genannte Leitlinie beschrieb eine Sensitivität der Sonografie von 32 % bis 100 %.¹³⁵ Die Sonografie habe die höchste Voraussagekraft für eine Choledocholithiasis von allen bekannten Kriterien. Der **Ductus hepatocholedochus** konnte genauso gut mit beiden Geräten dargestellt werden (78/86 (90,7 %) Fälle mit HHUSD und 82/86 (95,3 %) mit HEUS). Die erhobenen Werte für den DHC-Durchmesser mit HHUSD waren mit den HEUS-Werten übereinstimmend. Ein Vergleich zur Literatur ist nicht möglich aufgrund fehlender Daten.

Abbildung 21: Sonografische Darstellung von Gallenblasensteinen mit Vscan extend™ (a) und GE Logiq E9 (b).

a

b

Abbildung 22: Sonografische Darstellung von Konkrementen in Ductus hepatocholedochus (DHC) mit Vscan extend™ (a) und GE Logiq E9 (b).

a

b

Für die Messung des **Pankreaskorpus** (anteroposterior) und **Pankreaskauda** ergaben sich statistisch signifikante Unterschiede zwischen den beiden Geräten. Zum Zeitpunkt dieser Arbeit gab es keine Studien, die ein HHUSD für die Messung der Pankreasgröße angewandt haben. Die Unterschiede können vermutlich durch eine Intraobserver-Variabilität erklärt werden. Die Messwerte des **Pankreaskopfes** zeigten im Gegenteil dazu keine Differenzen. Für die

Darstellung der zystischen Veränderungen im Pankreas hatte das Vscan extend™ eine Sensitivität von 75 %. Bei einem mittleren Alter der Patienten von 84 Jahren und fehlender Risikofaktoren für maligne Pankreasläsionen erfolgte in keinem der Fälle eine endoskopische oder invasive Abklärung der zystischen Formationen, die mit HHUSD erhobenen Befunde zeigten sich ausreichend. Bei einer Zysten-Größe von ≥ 3 cm, kontrastmittelaufnehmender Knoten in der Zystenwand, Zystenwandverdickung, Dilatation des Hauptganges > 5 mm oder Kalibersprung des Hauptganges, Lymphadenopathie ist eine Endosonografie zu empfehlen.²³⁴ Die hier dargestellten Pankreaszysten waren < 1 cm, was die niedrige Sensitivität des HHUSDs höchstwahrscheinlich begründet.

Der **Ductus pancreaticus** konnte bei 31/86 (36,0 %) Patienten mit HHUSD und bei 59/86 (68,6 %) mit HEUS dargestellt werden. Eine sonografische Darstellung war laut Ker et al in 95/389 Fällen (24,42 %) möglich.²³⁵ Da sich die Bildauflösung der Ultraschallgeräte mit der Zeit verbessert hat, wurde damit auch die Darstellbarkeit immer besser. So konnten Dietrich et al den Ductus pancreaticus in 52/60 Fällen (86,65 %) sonografisch identifizieren.¹⁶⁸ Dabei handelt es sich um einen deutlich höheren Prozentsatz als in der hier vorgelegten Studie. Eine Interobserver-Variabilität könnte den Unterschied erklären. Die aktuelle Untersucherin war keine DEGUM-ausgebildete Ultraschallerin, dies könnte die niedrigere Prozentzahl erklären. Um diesen Faktor ausschließen zu können, müssten die Messungen von einem erfahreneren Ultraschaller wiederholt werden. Die gemessenen Werte für den Ductus pancreaticus-Durchmesser mit HHUSD und HEUS waren annähernd gleich.

Für den **Milzdurchmesser** waren die Messwerte übereinstimmend. Es zeigten sich nur zwei Milzpathologien (eine Nebenmilz und ein Milzinfarkt), die mit beiden Geräten dargestellt werden konnten. Im Gegenteil dazu stellten Stock et al statistisch relevante Unterschiede zwischen dem Durchmesser der Milz mittels HHUSD ($10,8 \pm 1,9$ cm) und HEUS ($11,2 \pm 2,1$ cm) fest.⁶² Nur 6 Fälle (75 %; insgesamt 28 Patienten eingeschlossen) von Splenomegalie konnten mit HHUSD diagnostiziert werden. Ein Milzinfarkt wurde mit beiden Geräten gesichtet.

Zwischen den Messungen der beiden **Nieren** mit beiden Geräten fanden sich statistisch signifikante Unterschiede. Der Grund dafür ist der abgeschnittene obere Bereich des Ultraschallbildes bei HHUSD, der typisch für einen

Sektorschallkopf ist. So kam es dazu, dass die Nieren häufig nicht komplett abgebildet waren und die Ränder eingeschätzt werden mussten. Stock et al erhielten ebenfalls statistisch signifikante Unterschiede, die mutmaßlich durch die schallkopfspezifischen Abbildungen zu erklären waren.⁶² Durchschnittlich wurden die Nieren mit HHUSD 0,6 cm kleiner gemessen.

Die Rolle der POCUS in der Nephrologie wurde in der Arbeit von Lamarche et al dargestellt.²³⁶ Die POCUS liefert Informationen über strukturelle Nierenerkrankungen aber auch über den Status der extrazellulären Flüssigkeit (zum Beispiel das Vorhandensein eines Pleuraergusses, Perikardergusses, Füllungsgrad der Vena cava inferior usw.).

Abbildung 23: Sonografische Darstellung mittels Vscan extend™ eines Harnaufstaus der linken Niere (a). Hiernach wurde eine Blasenkatheter-Anlage veranlasst, so dass sich bei der Untersuchung mit GE Logiq E9 ein normaler Befund fand (b).

a

b

**Abbildung 24: Sonografische Darstellung eines asymptomatischen Steins in der Harnblase mit Vscan extend™ (a) und GE Logiq E9 (b).
HB = Harnblase, P = Prostata, D = Darm.**

a

b

Die **Prostata** wurde bei 21/36 (58,3 %) Patienten mit HHUSD und 20/36 (55,6 %) Patienten mit HEUS dargestellt. Die transabdominelle Sonografie spielt damit eine niedrigere Rolle in der Prostatadiagnostik und ist eine ungeeignete Methode zum sicheren Ausschluss von Prostatapathologien.²⁰⁵ Allerdings konnte bei einem Patienten der aktuellen Studie nach Feststellung einer pathologischen Größe der Prostata und einem erhöhten PSA-Wert ein Prostatakarzinom histologisch bestätigt werden. In der Geriatrie soll eine Prostatavergrößerung bei Miktionsstörungen sonografisch ausgeschlossen werden.²³⁷

Die Anwendung portabler Geräte für die Messung des **VCI**-Durchmessers als Indikator für den Hydratationsstatus der Patienten ist von mehreren Autoren untersucht und als zuverlässige Untersuchungsmethode erklärt worden.²³⁸⁻²⁴⁰ Zhang et al analysierten im Rahmen eines systematischen Reviews die Rolle der VCI-Untersuchung mittels POCUS und stellten eine gute Reliabilität fest.²⁴¹ Finnerty et al untersuchten 39 gesunde Probanden und fanden heraus, dass die zuverlässigste Bestimmung des VCI-Durchmessers in der Sagitalebene subxyphoidal war.²⁴² Die Studie wurde zur Verbesserung einer standardisierten VCI-Messung mittels POCUS veranlasst. Die Sensitivität des HHUSDs in Detektion der VCI-Dilatation lag bei 81,82 %. Es wurde nicht berücksichtigt, dass die Untersuchungen mit den beiden Geräten zu unterschiedlichen Zeitpunkten durchgeführt wurden. Die damit verbundenen Veränderungen der VCI-Kaliber

wurden nicht berücksichtigt. Zudem erfolgte die VCI-Messung von subkostal in der Transversalebene mit HHUSD im B-Modus, mit HEUS im M-Modus. Die Messungen mit beiden Geräten waren trotzdem übereinstimmend. Yamanoglu et al schlossen in einer prospektiven Studie 38 intensivmedizinische Patienten mit einem mittleren Alter von 71,3 Jahren ein und konnten feststellen, dass der VCI-Durchmesser in Inspiration im M-Modus der sensitivste Parameter für die Veränderungen des Flüssigkeitsstatus war.²⁴³ Die Messung erfolgte mit einem portablen Gerät von subkostal 2 cm vor der Einmündung der VCI in den rechten Vorhof.

Abbildung 25: Dilatation der VCI bei einem Patienten mit rechtsführender kardialen Dekompensation – Aufnahme mit Vscan extend™ (a). Zweite Aufnahme mit GE Logiq E9 nach 3 Tagen und Rekompensation. VCI wieder normal weit (b).

a

b

Der mittlere Durchmesser für die **Aorta abdominalis** war $2,0 \pm 0,68$ cm mit HHUSD und $2,0 \pm 0,55$ cm mit HEUS, was statistisch keinen signifikanten Unterschied ergab. Cueff et al untersuchten 193 Patienten (mittleres Alter 65 ± 11 Jahre), die einen akuten Myokardinfarkt erlitten haben.²³ Es erfolgte ein Bauchaortaaneurysmascreening mit einem portablen Ultraschallgerät. Wie in der hier vorgelegten Arbeit konnte eine gute Übereinstimmung der Messwerte mit HHUSD und HEUS berechnet werden. Zudem war eine exzellente Interobserver-Variabilität der HHUSD-Untersuchung zu sehen. Der mittlere Durchmesser der Aorta abdominalis lag bei $3,5 \pm 0,6$ cm. Hier handelt sich um einen höheren Wert als im geriatrischen Patientenkollektiv, da Patienten mit einem kardiovaskulären Ereignis ein erhöhtes Risiko für ein Aneurysma haben. Flu et al errechneten eine Sensitivität des HHUSDs von 90 % für die Feststellung eines Bauchabdomenaneurysmas, in dem er 150 Patienten mit Verdacht auf aneurysmatische arteriosklerotische Gefäßveränderungen schallte.²⁴ Lin et al empfahlen die Anwendung eines HHUSDs routinemäßig als Erweiterung der körperlichen Untersuchung der Patienten mit vaskulärer Erkrankung, nachdem eine Sensitivität von 93 % des HHUSDs für die Diagnose einer Bauchaortenaneurysma festgestellt wurde.²⁵

Abbildung 26: Sonografische Darstellung eines Bauchaortenaneurysmas mit Vscan extend™ (a) und GE Logiq E9 (b). WS = Wirbelsäule, T = thrombosierter Anteil des Bauchaortenaneurysmas.

a

b

Thorax

Zur Untersuchung der Thoraxpathologien war das HHUSD ein hervorragendes Utensil, die Sensitivität war wie folgend:

- Zur Detektion eines linksseitigen Pleuraergusses 88,89 %.
- Zur Detektion eines rechtsseitigen Pleuraergusses 100 %.
- Zur Detektion der B-Linien-Artefakten 100 %.
- Zur Detektion eines Perikardergusses 100 %.
- Zur Darstellung der infiltrativen Lungenveränderungen war die Sensitivität nur 66,67 %.

Die Untersuchungen wurden zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten durchgeführt und eine spätere Entwicklung der Pneumonie oder Veränderung der Ergussmenge im Verlauf können nicht ausgeschlossen werden.

Abbildung 27: Sonografische Darstellung eines Pleuraergusses rechts mit Vscan extend™ (a) und GE Logiq E9 (b).

a

b

Ceriani und Cogliati betonten die Rolle der POCUS in der Detektion des Perikardergusses.²⁴⁴ Die Menge der Flüssigkeit und hiermit das Risiko für eine Perikardtamponade können so bereits in der Notaufnahme quantifiziert werden. Dafür sei eine kardiologische Ausbildung nicht zwingend erforderlich.

Auch in der Kardiologie im Rahmen der Notfalldiagnostik, ist die POCUS eine gute Diagnostikmethode. Testuz et al untersuchten 104 Patienten und zeigten eine gute Übereinstimmung zwischen den mit HEUS und mit HHUSD erhobenen Befunde bezüglich der linksventrikulären Pumpfunktion und dem Vorliegen eines Perikardergusses.²⁴⁵ Die Funktion der Aortenklappe, Mitralklappe, Trikuspidalklappe und die Größe des linken Ventrikels konnten trotz des Fehlens der PW- und CW-Modi mittels POCUS gut und mittelmäßig beurteilt werden.

In ihrer systematischen Review und Metaanalyse verglichen Maw et al die Genauigkeit der POCUS mit der Thorax-Röntgenaufnahme zur Diagnosestellung eines Lungenödems.²⁴⁶ Es stellte sich heraus, dass die POCUS sensibler ist. In der Abklärung der Dyspnoe beschleunigt die POCUS der Lunge und des Herzens die Diagnosestellung und den Therapiebeginn.²⁴⁷

Schilddrüse

Für die Messung der Schilddrüsen-Größe ergab sich in dieser Studie kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Messungen mit den beiden Geräten. In der Detektion der fokalen Läsionen der Schilddrüse lieferte das HHUSD ausreichende bis gute Ergebnisse (Sensitivität zur Detektion der zystischen Läsionen 75 %, der knotigen Veränderungen 92,86 %, der Verkalkungen 100 %). Die Untersuchung mit HHUSD war aussagekräftig, die HEUS-Untersuchung ergab keine relevanten Ergänzungen.

Hamill et al empfahlen den behandelten Ärzten (in dem Fall Endokrinologe) den Einsatz der POCUS zur Beurteilung der Schilddrüse um Zeit, Geld und Personal zu sparen aber auch um die Diagnose zu beschleunigen.²⁴⁸ Dabei handelte es sich um eine Studie mit einem Einschluss von 40 Patienten.

Abbildung 28: Schilddrüsenknoten-Darstellung mit Vscan extend™ (a) und GE Logig E9 (b).

a

b

7.5. Inter- und Intraobserver-Variabilität

Mit einer Ausnahme wurden alle Untersuchungen von einer Fachärztin für Innere Medizin durchgeführt. Eine Interobserver-Variabilität lag somit nicht vor.

Die Untersucherin hatte keine DEGUM-Qualifikationen, es wäre, je nach untersuchtem Organ, gegebenenfalls eine größere Zahl festgestellter Befunde durch einen erfahreneren Sonografen möglich.

Röthlin et al untersuchten 312 Patienten mit stumpfen Thorax- und Abdomentraumata.²⁴⁹ 168 Patienten wurden von einem erfahrenen Ultraschaller und 144 Patienten von 3 Anfängern evaluiert. Es konnte festgestellt werden, dass die Sonografie durch die Anfänger ausreichende Erkenntnisse über das Vorliegen freier intraabdominellen Flüssigkeit ergab, für die Erfassung der Organenschäden jedoch die Untersuchung durch den erfahrenen Sonografen qualitativ besser war.

Ohrndorf et al schallten insgesamt 150 Gelenke bei 15 Patienten mit rheumatoider Arthritis.²⁵⁰ Die Untersuchungen wurden von drei unterschiedlichen Sonografen durchgeführt, die mit 10 Jahren, 10 Monaten und einem Monat verschiedene Erfahrungsniveaus aufweisen konnten. Die Ergebnisse der beiden erfahrenen Untersucher ergaben eine gute Korrelation. Dass anfänglich ein

größerer Unterschied bestand, der sich im Verlauf annäherte, wurde durch sich verbessernde Ultraschallkenntnisse der unerfahreneren Untersucher erklärt.

Eine retrospektive Studie der Lungensonografie bei 114 Neugeborenen wurde von Brusa et al durchgeführt.²⁵¹ Der Lungen-Scan wurde von drei Untersuchern mit unterschiedlicher Ultraschallerfahrung durchgeführt. Insgesamt zeigte sich eine gute Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen aller Untersucher.

91 Patienten mit Dyspnoe wurden von Gullett et al in einer prospektiven Studie eingeschlossen.²⁵² Es wurden zwei konsekutive Sonografien von zwei verschiedenen Paarungen (Physician-Sonografer: Erfahrener / Erfahrener und Erfahrener / Anfänger) durchgeführt. Es wurden zehn verschiedene Lungenareale untersucht. Die höchste Übereinstimmung der erhobenen Daten der beiden Teams zeigte sich für die antero-superioren und latero-superioren Areale der Lunge. Für die latero-inferioren Areale waren statistisch signifikante Unterschiede zu sehen. Zusätzlich konnte man feststellen, dass die Übereinstimmung bei sehr niedriger oder sehr erhöhter B-Linien-Zahl am höchsten war.

Lee et al untersuchten den Durchmesser und das Volumen von 122 Schilddrüsenknoten bei 73 Patienten zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten.²⁵³ Die Untersucher waren zwei Radiologen mit unterschiedlicher Erfahrung: 10 Jahre gegenüber 6 Monate. Insgesamt ergab sich eine bedeutsame Intra- und Interobserver-Variabilität.

Hower et al überprüften, ob die Messung der Aorta abdominalis mit Vscan™ durch Studenten zu ähnlichen Ergebnissen führt, wie die Messung durch erfahrene Ultraschallanwender.²⁵⁴ 28 Patienten wurden in die Studie aufgenommen. Es zeigten sich keine statistisch relevanten Unterschiede zwischen den beiden Messungen.

Eine retrospektive Evaluation von 115 Leber-Sonografien durch zwei verschiedene Radiologen ergab laut Stenman et al eine beachtliche Übereinstimmung der erhobenen Befunde.²⁵⁵ Alle Sonografien wurden als Nachsorge nach operativer Versorgung eines kolorektalen Karzinoms durchgeführt. Ein Beurteiler hatte 20 Jahre Erfahrung, der andere 8 Jahre.

Cengiz et al untersuchten die Intra- und Interobserver-Variabilität bei 113 Patienten.²⁵⁶ Es wurde die Ausprägung der jeweiligen Hepatosteatois beschrieben. Die Intraobserver-Übereinstimmung lag bei 51 % für den ersten

Beurteiler und bei 68 % für den zweiten. Die Interobserver-Variabilität lag bei 39 % für die erste Beurteilung und bei 40 % für die darauf Folgende.

Boursier et al untersuchten 250 Patienten mit einer chronischen Lebererkrankung mittels FibroScan.²⁵⁷ Die Untersucher wurden in zwei Gruppen eingeteilt: Untersucher mit Erfahrung (> 100 Untersuchungen) und Anfänger. Die Anfänger konnten nach kurzem Anlernen gültige Ergebnisse erzielen und diese verbesserten sich mit zunehmender Erfahrung zusätzlich. Es zeigte sich eine gute Übereinstimmung der erhobenen Werte. Für die Erfolgsrate der Messungen ergab sich teilweise ein statistisch signifikanter Unterschied.

7.6. Weitere Anwendungen der POCUS in der Medizin – Review

Coskun et al untersuchten die Anwendbarkeit des Vscans™ für FAST (Focused Assessment with Sonography for Trauma) in der Notfallmedizin in einer multizentrischen prospektiven Studie.²⁵⁸ Es ergaben sich eine Sensitivität von 88,9 % und eine Spezifität von 97,6 %. Der positiv prädiktive Wert war 61,5 % und der negativ prädiktive Wert 99,5 %.

Eine wichtige Rolle erfüllt die POCUS in der Abklärung stumpfer Traumaverletzungen.²⁵⁹ Bei pädiatrischen Patienten scheint die POCUS bei stumpfen Traumaverletzungen eine niedrigere Sensitivität zu haben, so dass eine zweite Bildgebung notwendig ist.²⁶⁰

Lee et al verglichen die 2-point mit der 3-point POCUS in der Notfalldiagnostik der tiefen Beinvenenthrombosen.²⁶¹ Es wurde eine Literaturanalyse durchgeführt, die verschiedene Daten aus PubMed, EMBASE und Cochrane library untersuchte. Beide Methoden zeigten sich als hervorragende Verfahren zur Darstellung einer tiefen Beinvenenthrombose.

Der Nutzen der POCUS als nicht-invasives Assessment der Atemwege in der Anästhesie wurde von Osman et al diskutiert.²⁶² Durch die sonografische Untersuchung der oberen Atemwege könnte die Größe eines Endotrachealtubus festgelegt werden, die Wahrscheinlichkeit einer erschwerten Intubation kann nicht-invasiv überprüft werden, die Lage des Endotrachealtubus kann verifiziert werden. Eine praktische Anwendung der POCUS erfolgte durch Tripathy et al bei einem Patienten mit Crouzon Syndrom.²⁶³ Weiterhin erlaubt die POCUS dem

Anästhesisten in kürzester Zeit einen Trauma-Patienten zu versorgen, indem es die rapide Feststellung der Trauma-Folgen und die Anlage verschiedener arterieller / venöser Zugänge und ultraschall-gezielte Interventionen unterstützt.²⁶⁴

In der Palliativmedizin spielt die HHUSD-Untersuchung eine bedeutsame Rolle. Eine optimale ambulante beziehungsweise häusliche Versorgung der Patienten mit fortgeschrittenen Erkrankungen sorgt dafür, dass unnötige und belastbare Transporte ins Krankenhaus oder in die Hausarztpraxis den Patienten erspart bleiben.^{265,266}

Die POCUS wird zunehmend angewendet, um die klinische orthopädische Untersuchung zu vervollständigen. In einer Studie von Lee et al zeigte die POCUS eine gute Übereinstimmung mit der Kernspintomografie in der Beurteilung der Läsionen der Kniebänder.²⁶⁷ Eine Knochenfraktur kann ebenso mittels Sonografie dargestellt werden.²⁶⁸

Im gynäkologischen Fachgebiet wurde das Vscan™ mit HEUS bei der transvaginalen Untersuchung verglichen.²⁶⁹ 98,7 % der fokalen Läsionen konnten mit HHUSD festgestellt werden. Die mit HHUSD durchgeführten Messungen zeigten sich als 0,3 – 0,4 cm kleiner als die mit HEUS erbrachten Messwerte. Erwähnenswert ist, dass die Größenunterschiede keine Rolle für die Aussagekraft des Vscan™ in der gynäkologischen Untersuchung spielen. POCUS kann wichtige Informationen im Rahmen der Notfalldiagnostik bei Patientinnen mit Unterbauchschmerzen, vaginaler Blutung, Beschwerden in der Schwangerschaft oder pathologischem vaginalen Ausfluss liefern.^{270,271}

In der pädiatrischen Versorgung ist der Nutzen der POCUS in mehreren Studien untersucht. Eine umfassende Literaturanalyse über die Präzision der Ultraschalldiagnostik durch unerfahrene und erfahrene Ultraschallern in der Feststellung einer Pneumonie bei Kindern wurde von Tsou et al durchgeführt.²⁷² 14 Studien, die POCUS angewendet haben, zeigten eine Sensitivität und eine Spezifität von jeweils 95 % in der Diagnose einer Pneumonie. Auch in der Diagnosestellung einer Bronchiolitis scheint die POCUS eine wichtige Rolle zu spielen.²⁷³ Park et al untersuchten die Anwendbarkeit der POCUS in der Notfalldiagnostik einer Dünndarm- / Ileozökalinvagination bei pädiatrischen Patienten.²⁷⁴ Durch die POCUS konnten die zwei verschiedenen Invaginationsorten festgestellt werden und die point of care Sonografie half bei

der Festlegung der Indikation einer operativen oder konservativen Behandlung. In einem Review und einer Metaanalyse von Tsou et al konnte festgestellt werden, dass die POCUS eine akkurate Methode zur Feststellung einer Invagination bei Kindern ist.²⁷⁵ In der Diagnostik der akuten Appendizitis ist die POCUS effektiv durch die zunehmende Verfügbarkeit aber auch durch die hohe Präzision der Ultraschalldiagnostik.²⁷⁶ Mori et al publizierten eine Arbeit über die sonografische Feststellung von Fremdkörpern im Ösophagus bei drei pädiatrischen Patienten mittels POCUS.²⁷⁷

Bei den neonatologischen Patienten spielt die POCUS durch ihre Eigenschaften (sensitive, zuverlässige, breit verfügbare, kostengünstige Diagnostikmethode, ohne Nebenwirkungen und ohne Strahlenbelastung) eine wichtige Rolle bei der Abklärung von Lungenerkrankungen.²⁷⁸

In der Augenheilkunde wird die POCUS in der Notfalldiagnostik eingesetzt. So können verschiedene Krankheitsbilder festgestellt werden: Netzhautablösung, Glaskörperblutung, Glaskörperabhebung aber auch traumatische Augenläsionen.^{279,280}

Es konnten keine Quellen gefunden werden, die sich mit der Anwendbarkeit und Reliabilität der POCUS bei geriatrischen Patienten mit Traumata (zum Beispiel FAST, Fraktur-Ausschluss) oder Schmerzen (beispielsweise Thrombose-Ausschluss, Darmpathologien-Ausschluss, gynäkologischer oder ophtalmologischer Ultraschall) beschäftigt haben. Jedoch wäre denkbar ein HHUSD primär in den o.g. Fälle einzusetzen.

8. Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Durch die verbesserte Lebensqualität steigt die mittlere Lebenserwartung in Deutschland aber auch weltweit ständig. Bereits bei den üblichen internistischen Patienten, die einer stationären Behandlung bedürfen, handelt es sich meistens um Patienten über 70 Jahren, die zudem multimorbid sind.¹ Dies ist ein wesentlicher Grund, warum die geriatrische Behandlung optimiert werden sollte. Die hier vorgestellte Arbeit intendierte zu klären, ob eine sonografische Screening-Untersuchung in der Geriatrie die Versorgung und den Zustand der Patienten verbessern kann. Zusätzlich wurden Normwerte überprüft und mit den geltenden Normwerten bei Erwachsenen⁴²⁻⁴⁴ verglichen.

Alle in der Studie eingeschlossenen Patienten erfüllten die von der DGG definierten Kriterien für geriatrische Patienten.^{3,7}

Je nach Fragestellung ermöglicht die Sonografie auch in den Händen von unerfahrenen Ärzten die Feststellung verschiedener Krankheitsbilder.^{249,251,257,281}

Die Sonografie erlaubt eine treffsichere Diagnosestellung auch nah am Wohnort des Patienten.^{63,64} Dadurch könnte die Anzahl an Einweisungen in das Krankenhaus reduziert werden. Zusammengefasst werden potenziell Zeit und Ressourcen, wie Geld und Personal, durch die sonografische Untersuchung gespart.^{62,248}

Es ist noch nicht geklärt, welche Untersuchungen und welche Messungen bei einem geriatrisch-gebrechlichen Patienten sinnvoll sind und ob eine Sonografie als Screeningverfahren vorteilhaft ist.

In der Folge werden die Hauptkriterien der Doktorarbeit zusammengefasst.

Ist die Sonografie routinemäßig bei den geriatrischen Patienten durchführbar und durch die POCUS ersetzbar?

64/86 (74,4 %) Patienten wurden sonografisch systematisch ohne klinische Fragestellung untersucht, bei den übrigen bestand mindestens eine Indikation für eine Abdomensonografie. Die Sonografie des Thorax und die der Schilddrüse wurden in allen Fällen als Screening-Untersuchung durchgeführt. Eine routinemäßige sonografische Untersuchung der geriatrischen Patienten als Assessment ist durchführbar. Besonders hilfreich zeigte sich die sonografische Untersuchung beispielsweise zum Erheben des Flüssigkeitsstatus. So konnte ein

normaler Hydratationsstatus nur bei 11/86 (12,8 %) Patienten mit beiden Geräten nachgewiesen werden. Die übrigen geriatrischen Patienten litten unter einer Hypo- (51/86 (59,3 %) Patienten mit HHUSD und 57/86 (66,3 %)) oder Hypervolämie (15/86 (17,4 %) Patienten mit HHUSD und 11/86 (12,8 %)), ohne dass eine klinische Manifestation vorhanden war. Bei gegebenen Indikationen und klinischen Beschwerden kann die Sonografie die Diagnosestellung besonders bei Patienten, die sich nicht äußern können, erleichtern und ist dadurch ein Diagnoseverfahren, worauf nicht verzichtet werden sollte. In der hier vorgelegten Studie war die POCUS der geriatrischen Patienten für die symptomorientierte Therapieentscheidung ausreichend, das Ersetzen der high-end Sonografie durch die HHUSD-Sonografie erscheint somit möglich.

Nachteilig bei der Nutzung eines HHUSD ist die unzureichende Bilddokumentation. Bisher gibt es noch keine Möglichkeit einer PACS-Dokumentation; DICOM oder WLAN-Zugang sind bei den meisten Geräten jedoch schon vorhanden.

Ein weiterer Nachteil des hier angewandten portablen Ultraschallgeräts war die Unmöglichkeit der Blutflussgeschwindigkeitsbestimmung, so dass man dafür auf die Nutzung eines HEUS angewiesen war. Je nach Anbieter und Gerättyp ist dies mittlerweile auch mit einem portablen Gerät möglich.

Zur Bestimmung der Organgröße konnte eine gute Korrelation zwischen beiden Geräten festgestellt werden. Statistisch signifikante Unterschiede zeigten sich für die Nieren (vermutlich aufgrund des eingeschränkten Blickfeldes im oberen Bereich des Displays durch die Nutzung des Sektorschallkopfes), den Pankreaskorpus- und Pankreaskaudadurchmesser und die Bestimmung des Durchmessers für Vena portae und Vena hepatica dextra (hierbei wurde kein Atemmanöver angewendet). Einige Studien zeigten Unterschiede zwischen den erfolgten Messungen mit HHUSD und HEUS von 0,3 bis 0,6 cm, die keinen Einfluss auf die Diagnosestellung oder Therapie hatten.^{62,269} Durch die entsprechende Verbesserung der Durchführung (z.B. Anwendung des Atemmanövers), ergäbe sich die Möglichkeit das HHUSD bei geriatrischen Patienten auch für die Bestimmung der Organgröße oder des Gefäßkalibers einzusetzen.

Eine routinemäßige sonografische Größenbestimmung der abdominellen Organen und der Schilddrüse scheint alles in allem nicht sinnvoll zu sein. Bei

vorhandener Indikation ist das HHUSD ein zuverlässiges Diagnosenverfahren, eine Ergänzung durch ein HEUS ist selten notwendig (in der hier vorgelegten Studie nicht nötig). In Anbetracht der Literatur²²⁻²⁵ und der hier erhobenen Ergebnissen könnte beispielsweise das Screening des Bauchaortenaneurysmas bei geriatrischen Patienten mit einer restlichen Lebenserwartung von etwa 10 Jahren oder bei Vorhandensein einer Operabilität, routinemäßig mit HHUSD erfolgen.

Welche relevanten Fragestellungen gibt es in der Geriatrie, die das HHUSD beantworten kann?

Die Sonografie liefert einerseits hilfreiche Informationen über den Hydratationsstatus des Patienten,²³⁸⁻²⁴⁰ Harnblasenentleerungsstörungen,^{20,95} den kardiopulmonalen Status im Rahmen einer Reanimation,⁹⁷ Detektion der Herzklappenfehler als Ursache für die Stürze,²⁴⁵ eventuelle Verletzungen nach einem Sturz durch die erweiterte fokussierte Sonografie bei Traumata,^{93,96,258,259} andererseits ebenso die Möglichkeit zum Ausschluss oder zur Bestätigung einer Venenthrombose mittels Kompressionssonographie²⁶¹ und die Detektion einiger onkologischer Erkrankungen als Ursache für eine unspezifische Allgemeinzustandsverschlechterung. Zudem kann sie auch prophylaktisch eingesetzt werden, zum Beispiel zur Feststellung einer Arteriosklerose im Kontext der Vorbeugung ischämischer Attacken.^{76,77,79} Viele dieser Fragestellungen können ausreichend mittels eines portablen Gerätes beantwortet werden.^{238-240,245,246,258,261}

Besonders hilfreich zeigte sich die Sonografie (sowohl HHUSD als auch HEUS) in der Abklärung und Feststellung pulmonaler Pathologien, zum Ausschluss eines Harnverhaltes und zur Einschätzung des Volumenstatus. Durch die POCUS kann auf unnötige radiologische Diagnostik verzichtet werden. Aus dieser Sicht sollten HHUSD-Untersuchungen häufiger ggfs. primär, anstelle der Röntgen-Thorax-Aufnahme, in der Lungenuntersuchung eingesetzt werden.

Ergibt die HEUS zusätzliche Befunde, die mit HHUSD nicht gefunden wurden und wie relevant sind diese?

Mit HHUSD wurden fokale Leberläsionen (wie zum Beispiel echoarme Fettverteilungsstörung, Hämangiom, Leberzysten), kleine zystische Pankreasveränderungen oder kleine Nierenzysten übersehen. Alle übersehenen Befunde hatten keine diagnostische oder therapeutische Relevanz, so dass die POCUS-Untersuchung hier ausreichend erscheint, um die „ja/nein“-Fragen zu klären. Für onkologische oder spezielle gastroenterologische Fragestellungen scheint die POCUS hingegen nicht suffizient zu sein. Je nach Allgemeinzustand des Patienten und dem Patientenwunsch wird eine onkologische Erkrankung bei geriatrischem Patienten des Öfteren symptomatisch behandelt, die therapeutische Konsequenz ist meist symptomorientiert. Darüber hinaus kann in seltenen Fällen auf HEUS verzichtet werden.

Bestehen Unterschiede in der Auflösung kleiner Strukturen mit beiden Geräten?

Insgesamt war die Bildqualität beider Geräte vergleichbar. Es gilt zu erwähnen, dass geriatrische Patienten grundsätzlich schlechter schallbar sind. Die hier erhobenen Daten sind nicht ausreichend, um die oben genannte Frage abschließend zu klären. Es ergaben sich beispielsweise statistisch signifikante Unterschiede für die Messung des Durchmessers der Vena portae und Vena hepatica dextra, jedoch keine für kleinere Strukturen wie die Arteria hepatica communis oder den Ductus pancreaticus. Eine Intraobserver-Variabilität könnte die Unterschiede erklären, es bedarf allerdings weiterer Studien um diese Thematik zu beantworten.

Bedarf der Ultraschaller einer speziellen Ausbildung, um die geriatrischen Fragestellungen zu beantworten?

Die Untersucherin war keine DEGUM-ausgebildete Ultraschallerin, besaß aber die entsprechenden Qualifikationen einer Fachärztin für Innere Medizin. Ob ein erfahrenerer Untersucher mehr oder andere Pathologien festgestellt hätte und ob beide Untersuchungsverfahren unabhängig der Ultraschallerfahrung gleichgestellt werden können, kann aus der Sicht dieser Arbeit nicht beantwortet werden. Bei den untersuchten Patienten wurden die wichtigsten Befunde mit dem

zuständigen Geriater bezüglich der Konsequenz und Prozedere besprochen, um unnötige Maßnahmen zu vermeiden.

In der Folge werden noch die Nebenkriterien der Doktorarbeit kurz dargestellt.

Überprüfung publizierter Normwerte⁴²⁻⁴⁴ geriatrischer Patienten.

Ein Vergleich zu der Literatur war aufgrund unterschiedlicher Messmethoden und Messorte für die Vena portae, Vena hepatica dextra, Vena cava inferior und das Pankreas kaum möglich. Für diese Strukturen sowie für die Arteria hepatica communis und den Ductus pancreaticus konnte keine Korrelation mit dem Alter festgestellt werden. Die Messwerte für den Ductus hepatocholedochus, die Milz, die Nieren, die Prostata und die Aorta abdominalis zeigten sich übereinstimmend mit den Werten der zitierten Literatur. Eine Altersabhängigkeit der Messparameter konnte ebenfalls, bis auf bei der Aorta abdominalis, aufgezeigt werden. Eine Aussage zu der Korrelation des Volumens der Schilddrüse mit dem Alter ist aufgrund der relativ niedrigen Patientenzahl mit normalem Schilddrüsengewebe (40/86 (46,5 %)) erschwert.

Bedeutung der Ultraschall-Elastografie als Screening beim geriatrischen Patienten.

Eine routinemäßige elastografische Untersuchung der Leber scheint nicht sinnvoll zu sein; es geht dadurch wertvolle Zeit verloren und der therapeutische Nutzen ist marginal. In einzelnen Fällen, wie zum Beispiel bei einer chronischen Hepatitis C, sollte die Elastografie leitliniengerecht als first-line Untersuchungsmethode angewandt werden.¹⁸⁴

Limitationen

Eine der wesentlichen Limitationen dieser Studie ist die relativ geringe Patientenzahl mit somit eingeschränkter Aussagekraft. Zudem handelt es sich um eine monozentrische Studie, wodurch eine gewisse Patientenselektion nicht ausgeschlossen ist.

9. Literaturverzeichnis

1. hartmann. <https://www.hartmann.info/de-DE/Medizinisches-Wissen/local/de/Medizin-und-Pflege/Barmer-Krankenhausreport-2017>. Published 2017. Accessed 2017.
2. Länder SÄdBud. Demografischer Wandel in Deutschland. (https://www.destatis.de/DE/Themen/Querschnitt/Demografischer-Wandel/Publikationen/Downloads/krankenhausbehandlung-pflegebeduerftige-5871102109004.pdf?__blob=publicationFile). Published 2010. Accessed 06 Okt, 2020.
3. DGG. Was ist Geriatrie? <https://www.dggeriatrie.de/ueber-uns/was-ist-geriatrie>. Published 2020. Accessed 04 Aug, 2020.
4. destatis. Bevölkerung. https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Bevoelkerung/Vorausberechnung/Bevoelkerung/BevoelkerungDeutschland2060Presse5124204159004.pdf?__blob=publicationFile. Accessed 14 Jun, 2017.
5. Groening M, Grossmann F, Hilmer T, Singler K, Somasundaram R, Wilke P. Ältere Notfallpatienten: Blickschärfung notwendig. *Dtsch Arztebl Internat*. 2017;114(11):512-516.
6. Thiem U, Greuel H, Reingraber A, et al. Positionspapier zur Identifizierung geriatrischer Patienten in Notaufnahmen in Deutschland. *Z Gerontol Geriatr*. 2012;45:310-314.
7. DRG-Kompetenzteam. Geriatrie. <http://www.geriatrie-drg.de/dkger/main/mdk.html#MDK1>, www.mdk.de/media/pdf/15_BRL_VorsorgeReha.pdf, https://www.mds-ev.de/fileadmin/dokumente/Publikationen/GKV/Begutachtungsgrundlagen_GKV/Begutachtungsrichtlinie_Vorsorge_Reha.PDF Accessed 06 Okt, 2020.
8. afgib. Geriatrisches Screening bei Klinikaufnahme. https://www.afgib.de/fileadmin/INTERNET/1-DOWNLOADS/AKTUELLES/GSK_mit_Text.pdf. Published 2011. Accessed 06 Okt, 2020.
9. GERAscreening. <http://est75.wep-medical.de/>. Accessed 06 Okt, 2020.
10. Healthcare SJs. Triage Risk Screening Tool (TRST). http://siog.org/files/public/st_josephs_healthcare_triage_risk_screening_tool-1.pdf. Accessed 06 Okt, 2020.
11. Geriatrie MK-Z. INFO-Service / Assessmentinstrumente in der Geriatrie. https://kcgeriatrie.de/Info-Service_Geriatrie/Documents/geriatrie-check_bw.pdf. Accessed 06 Okt, 2020.
12. Salvi F, Morichi V, Grilli A, et al. Predictive validity of the Identification of Seniors At Risk (ISAR) screening tool in elderly patients presenting to two Italian Emergency Departments. *Aging clinical and experimental research*. 2009;21:69-75.
13. Lachs M, Feinstein A, Cooney L, et al. A simple procedure for general screening for functional disability in elderly patients. *Ann Intern Med*. 1990;112(9):699-706.
14. S1-Leitlinie "Geriatrisches Assessment der Stufe 2". AWMF online. https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/084-002l_Geriatriisches-Assessment-Stufe-2_2019-08_01.pdf. Published 2019. Accessed 13 Aug, 2020.
15. Ellis G, Gardner M, Tsiachristas A, et al. Comprehensive geriatric assessment for older adults admitted to hospital. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2017(9).
16. Kolb G, Breuninger K, Gronemeyer S, et al. 10 Jahre geriatrische frührehabilitative Komplexbehandlung im DRG-System. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*. 2014;47(1):6-12.
17. Gillick MR. Rethinking the role of tube feeding in patients with advanced dementia. *N Engl J Med*. 2000;342(3):206-210.
18. Forschungsgruppe P. Geriatrische Versorgungsstrukturen in Baden-Württemberg. https://aok-bw-presse.de/fileadmin/mediathek/dokumente/Geriatrie-BaW%C3%BC_Bericht-Zusammenfassung-2018-fin.pdf. Accessed 06 Okt, 2020.
19. ÄrzteZeitung. Anteil geriatrischer Patient variiert regional. <https://www.aerztezeitung.de/Nachrichten/Anteil-geriatrischer-Patient-variiert-regional-315331.html>. Published 2019. Accessed 06 Okt, 2020.
20. S2e-Leitlinie 084-001, Harninkontinenz bei geriatrischen Patienten, Diagnostik und Therapie. AWMF online. https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/084-

- [001I S2e Harninkontinenz geriatrische Patienten Diagnostik-Therapie 2019-01.pdf](#). Published 2019. Accessed 13 Aug, 2020.
21. Koratala A, Bhattacharya D, Kazory A. Point of care renal ultrasonography for the busy nephrologist: A pictorial review. *World J Nephrol.* 2019;8(3):44-58.
 22. S3-Leitlinie zu Screening, Diagnostik, Therapie und Nachsorge des Bauchaortenaneurysmas. AWMF online. https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/004-014I_S3_Bauchortenaneurysma_2018-08.pdf. Published 2018. Accessed 13 Aug, 2020.
 23. Cuff C, Keenan NG, Krapf L, et al. Screening for abdominal aortic aneurysm in coronary care unit patients with acute myocardial infarction using portable transthoracic echocardiography. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2012;13(7):574-578.
 24. Flu WJ, van Kuijk JP, Merks EJ, et al. Screening for abdominal aortic aneurysms using a dedicated portable ultrasound system: early results. *Eur J Echocardiogr.* 2009;10(5):602-606.
 25. Lin PH, Bush RL, McCoy SA, et al. A prospective study of a hand-held ultrasound device in abdominal aortic aneurysm evaluation. *Am J Surg.* 2003;186(5):455-459.
 26. S3-Leitlinie zur Diagnostik, Therapie und Nachsorge der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit. AWMF online. https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/065-003I_S3_PAVK_periphere_arterielle_Verschlusskrankheit_2020-05.pdf. Published 2015. Accessed 28 Aug, 2020.
 27. Siemens Healthineers. Medizinische Bildgebung. Acuson p500. https://www.siemens-healthineers.com/de/ultrasound/ultrasound-point-of-care/acuson-p500-ultrasound-machine#TECHNICAL_DETAILS. Published 2019. Accessed 29 Sept, 2019.
 28. Siemens Healthineers. Medizinische Bildgebung. Acuson freestyle. https://www.siemens-healthineers.com/de/ultrasound/general-imaging/acuson-freestyle-ultrasound-machine#TECHNICAL_DETAILS. Published 2019. Accessed 29 Sept, 2019.
 29. Healthcare G. Vscan Extend. https://www.triageacademy.com/wp-content/uploads/2017/01/DOC1839644_Final-Vscan-Extended_Datasheet_21Dec2016.pdf. Published 2019. Accessed 3 Okt, 2019.
 30. FUJIFILM. SonoSite iViz. https://www.sonosite.com/sites/default/files/2795_MKT02856%20Rev%20C%20US%20iViz%201.2%206pp%20Brochure%20v22.pdf. Published 2019. Accessed 29 Sept, 2019.
 31. FUJIFILM. Mindray M9. <https://www.fujifilm.ch/medical/de/human/ultraschallgeraete-mindray/mindray-m9>. Published 2019. Accessed 29 Sept, 2019.
 32. Samsunghealthcare. HM70A. <https://www.samsunghealthcare.com/de/products/UltrasoundSystem/HM70A%20with%20Plus/GeneralImaging/benefit>. Published 2019. Accessed 29 Sept, 2019.
 33. Canon. Viamo sv7. <https://de.medical.canon/product-solutions/diagnostic-ultrasound/viamo-sv-7/viamo-sv-7-imaging/>. Published 2019. Accessed 29 Sept, 2019.
 34. Philips. Lumify. <https://www.philips.de/healthcare/sites/lumify>. Published 2019. Accessed 29 Sept, 2019.
 35. Braun/Philips. Xperius Ultrasound System. <https://www.bbraun.com/content/dam/catalog/bbraun/bbraunProductCatalog/S/AEM2015/en-01/b9/xperius-ultrasoundssystem.pdf.bb-47917705/xperius-ultrasoundssystem.pdf>. Published 2019. Accessed 29 Sept, 2019.
 36. clarius. C3 Convex Handheld Ultrasound Scanner. <https://clarius.com/products/curved-handheld-ultrasound/>. Published 2019. Accessed 29 Sept, 2019.
 37. Products MM. WiPRO. <https://www.multimed.info/wipro>. Published 2020. Accessed 13 Apr, 2020.
 38. Systems AM. Minisono. http://www.alpinion.com/web/diagnostic/prd_minisono.asp. Published 2020. Accessed 13.04.2020, 13.04.2020.
 39. Zentrum S. Youkey D8 Wireless Ultraschallgerät. https://cdn.website-editor.net/2a971d42a062428d9cce6b484413b31d/files/uploaded/Youkey%2520D8%2520Wireless%2520Sono-System_de.pdf. Published 2020. Accessed 25 Okt, 2020.
 40. Froehlich E, Pauluschke-Froehlich J, Debove I, Vey W, Klinger C, Dietrich C. Geriatric ultrasound. *Z Gastroenterol.* 2017;55(03):277-290.

41. Leone AF, Schumacher SM, Krotish DE, Eleazer GP. Geriatricians' interest to learn bedside portable ultrasound (GEBUS) for application in the clinical practice and in education. *J Am Med Dir Assoc*. 2012;13(3):308. e307-308.
42. Sienz M, Ignee A, Dietrich C. Reference values in abdominal ultrasound-liver and liver vessels. *Z Gastroenterol*. 2010;48(9):1141-1152.
43. Sienz M, Ignee A, Dietrich C. Reference values in abdominal ultrasound-biliopancreatic system and spleen. *Z Gastroenterol*. 2011;49:845-870.
44. Sienz M, Ignee A, Dietrich C. Sonography today: reference values in abdominal ultrasound: aorta, inferior vena cava, kidneys. *Z Gastroenterol*. 2012;50:293-315.
45. Mahoney F, Barthel D. Functional Evaluation: The Barthel Index. *Md State Med J*. 1965;14:61-65.
46. Lübke N, Meinck M, Von Renteln-Kruse W. The barthel index in geriatrics. A context analysis for the Hamburg Classification Manual. *Z Gerontol Geriatr*. 2004;37(4):316-326.
47. Tinetti M, Richman D, Powell L. Falls efficacy as a measure of fear of falling. *J Gerontol*. 1990;45(6):239-243.
48. Podsiadlo D, Richardson S. The timed "up & go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc*. 1991;39(2):142-148.
49. Guigoz Y. The Mini Nutritional Assessment (MNA®) Review of the literature-What does it tell us? *Journal of Nutrition Health and Aging*. 2006;10(6):466.
50. Rubenstein L, Harker J, Salvà A, Guigoz Y, Vellas B. Screening for undernutrition in geriatric practice: developing the short-form mini-nutritional assessment (MNA-SF). *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2001;56(6):M366-M372.
51. Vellas B, Villars H, Abellan G, et al. Overview of MNA - Its history and challenges. *J Nutr Health Aging*. 2006;10(6):456-463.
52. Folstein M, Folstein S, McHugh P. "Mini-mental state". A practical method for gauging the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res*. 1975;12(3):189-198.
53. Yesavage J, Brink T, Rose T, et al. Development and validation of a geriatric depression screening scale: a preliminary report. *J Psychiatr Res*. 1982;17(1):37-49.
54. Frohlich E, Beller K, Muller R, et al. Point of Care Ultrasound in Geriatric Patients: Prospective Evaluation of a Portable Handheld Ultrasound Device. *Ultraschall Med*. 2019.
55. Landis J, Koch G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977;33(1):159-174.
56. Ignee A. *Dopplersonographie mesenterialer und hepatischer Gefäße, eine Normwertstudie [Dissertation]*. Frankfurt am Main, Goethe-Universität; 2008.
57. Yavaş Ö, Ünlüer EE, Kayayurt K, et al. Monitoring the response to treatment of acute heart failure patients by ultrasonographic inferior vena cava collapsibility index. *Am J Emerg Med*. 2014;32(5):403-407.
58. Hollerbach S, Schultze K, Muscholl M, Schölmerich J. [Ultrasonography of the inferior vena cava (IVC) in the diagnosis and monitoring of therapy in patients with chronic congestive heart failure]. *Dtsch Med Wochenschr*. 2001;126(6):129-133.
59. Kaçar CK, Uzundere O, Yektaş A. A Two Parameters for the Evaluation of Hypovolemia in Patients with Septic Shock: Inferior Vena Cava Collapsibility Index (IVCCI), Delta Cardiac Output. *Med Sci Monit*. 2019;25:8105-8111.
60. Andersen GN, Graven T, Skjetne K, et al. Diagnostic influence of routine point-of-care pocket-size ultrasound examinations performed by medical residents. *J Ultrasound Med*. 2015;34(4):627-636.
61. Fischer T, Filimonow S, Petersein J, et al. [Ultrasound at the bedside: does a portable ultrasound device save time?]. *Ultraschall Med*. 2002;23(5):311-314.
62. Stock KF, Klein B, Steubl D, et al. Comparison of a pocket-size ultrasound device with a premium ultrasound machine: diagnostic value and time required in bedside ultrasound examination. *Abdom Imaging*. 2015;40(7):2861-2866.
63. Pieckenpack A, Klebl F, Dorenbeck U, Schölmerich J, Lock G, Schlottmann K. [Evaluation of a new, portable ultrasound system in routine clinical use]. *Rofo*. 2002;174(3):349-352.
64. Nelson BP, Melnick ER, Li J. Portable ultrasound for remote environments, Part I: Feasibility of field deployment. *J Emerg Med*. 2011;40(2):190-197.
65. Drudi FM, Cantisani V, Granata A, et al. Multiparametric ultrasound in the evaluation of kidney disease in elderly. *J Ultrasound*. 2019:1-12.

66. Van Den Noortgate N, Velghe A, Petrovic M, et al. The role of ultrasonography in the assessment of renal function in the elderly. *J Nephrol*. 2003;16(5):658-662.
67. Dietrich CF, Mathis G, Blaivas M, et al. Lung B-line artefacts and their use. *J Thorac Disease*. 2016;8(6):1356-1365.
68. Horn R, Krähenbühl G. Notfallsonographie des Thorax für internistische und traumatologische Patienten [Emergency ultrasound diagnosis of the thorax for internal medicine and traumatology patients]. *Praxis (Bern 1994)*. 2014;103(12):689-695.
69. Trovato GM, Rollo VC, Martines GF, Catalano D, Trovato FM, Sperandeo M. Thoracic ultrasound in the differential diagnosis of severe dyspnea: a reappraisal. *Int J of Cardiol*. 2013;167(3):1081-1083.
70. Sforza A, Mancusi C, Carlino MV, et al. Diagnostic performance of multi-organ ultrasound with pocket-sized device in the management of acute dyspnea. *Cardiovasc Ultrasound*. 2017;15(1):16.
71. Ticinesi A, Lauretani F, Nouvenne A, et al. Lung ultrasound and chest x-ray for detecting pneumonia in an acute geriatric ward. *Medicine (Baltimore)*. 2016;95(27):e4153.
72. Huang D, Ma H, Xiao Z, et al. Diagnostic value of cardiopulmonary ultrasound in elderly patients with acute respiratory distress syndrome. *BMC Pulm Med*. 2018;18(1):136.
73. Huang D, Ma H, Zhong W, et al. Using M-mode ultrasonography to assess diaphragm dysfunction and predict the success of mechanical ventilation weaning in elderly patients. *J Thorac Dis*. 2017;9(9):3177-3186.
74. de Weerd M, Greving JP, Hedblad B, et al. Prevalence of asymptomatic carotid artery stenosis in the general population: an individual participant data meta-analysis. *Stroke*. 2010;41(6):1294-1297.
75. Petty GW, Brown Jr RD, Whisnant JP, Sicks JD, O'Fallon WM, Wiebers DO. Ischemic stroke subtypes: a population-based study of incidence and risk factors. *Stroke*. 1999;30(12):2513-2516.
76. Eckstein H-H, Kuehnl A, Berkefeld J, et al. S3-Leitlinie zur Diagnostik, Therapie und Nachsorge der extracraniellen Carotisstenose. 2.Auflage. *AWMF - Registernummer 004/028*. 2020:1-217.
77. Hernandez-Rodriguez E, Sirumal E, Perez-Loresu P. Elevada incidencia de deterioro cognitivo en pacientes con estenosis carotídea asintomática [Elevated incidence of cognitive impairment in patients with asymptomatic carotid stenosis]. *Rev Neurol*. 2017;65(6):241-248.
78. Zhang Y, Fang X, Hua Y, et al. Carotid artery plaques, carotid intima-media thickness, and risk of cardiovascular events and all-cause death in older adults: a 5-year prospective, community-based study. *Angiology*. 2018;69(2):120-129.
79. Huang M, Hippe DS, Huang L, et al. A noninvasive sonographic study of multisite atherosclerosis in an elderly chinese population. *J Ultrasound Med*. 2017;36(3):639-647.
80. Buck T, Breithardt O, Faber L, et al. Manual for the indication and execution of echocardiography. *Clin Res Cardiol Suppl*. 2009;4:1-51.
81. Rynkowska-Kidawa M, Kidawa M, Kapusta J, Irzmanski R, Kowalski J. [Echocardiographic evaluation in the course of hypertension in the elderly]. *Pol Merkur Lekarski*. 2017;43(258):250-254.
82. Sarr SA, Babaka K, Mboup MC, et al. Aspects cliniques, électrocardiographiques et échocardiographiques de l'hypertendu âgé au Sénégal [Clinical, electrocardiographic and echocardiographic aspects in elderly hypertensive patients in Senegal]. *Pan Afr Med J*. 2016;25:77-77.
83. Tsialtas D, Bolognesi MG, Assimopoulos S, Aldigeri R, Volpi R, Bolognesi R. Clinical, electrocardiographic, and echocardiographic features in hospitalized nonagenarians (90+): comparison between the genders. *Gerontology*. 2019;65(5):485-494.
84. Gaborit FS, Kistorp C, Kümler T, et al. Prevalence of early stages of heart failure in an elderly risk population: the Copenhagen Heart Failure Risk Study. *Open heart*. 2019;6(1):e000840.
85. Milman A, Keren G, Topilsky Y. Decline in effort capacity with age: Echocardiographic stress analysis in the elderly. *Echocardiography*. 2017;34(12):1909-1916.
86. Shah SP, Penn K, Kaplan SJ, et al. Comparison of bedside screening methods for frailty assessment in older adult trauma patients in the emergency department. *Am J Emerg Med*. 2019;37(1):12-18.

87. Chang K-V, Wu W-T, Huang K-C, Jan WH, Han D-S. Limb muscle quality and quantity in elderly adults with dynapenia but not sarcopenia: an ultrasound imaging study. *Exp Gerontol*. 2018;108:54-61.
88. Guerreiro AC, Tonelli AC, Orzechowski R, Dalla Corte RR, Moriguchi EH, Mello RBd. Bedside ultrasound of quadriceps to predict rehospitalization and functional decline in hospitalized elders. *Front Med (Lausanne)*. 2017;31(4):122.
89. Kawai H, Kera T, Hirayama R, et al. Morphological and qualitative characteristics of the quadriceps muscle of community-dwelling older adults based on ultrasound imaging: classification using latent class analysis. *Aging Clin Exp Res*. 2018;30(4):283-291.
90. Selva Raj I, Bird SR, Shield AJ. Ultrasound Measurements of Skeletal Muscle Architecture Are Associated with Strength and Functional Capacity in Older Adults. *Ultrasound Med Biol*. 2017;43(3):586-594.
91. Miron Mombiola R, Facal de Castro F, Moreno P, Borrás C. Ultrasonic echo intensity as a new noninvasive in vivo biomarker of frailty. *J Am Geriatr Soc*. 2017;65(12):2685-2690.
92. Bentov I, Kaplan SJ, Pham TN, Reed MJ. Frailty assessment: from clinical to radiological tools. *Br J Anaesth*. 2019;123(1):37-50.
93. Can B, Kara M, Kara Ö, Ülger Z, Frontera WR, Özçakar L. The value of musculoskeletal ultrasound in geriatric care and rehabilitation. *Int J Rehabil Res*. 2017;40(4):285-296.
94. Ogawa N, Mori T, Fujishima I, et al. Ultrasonography to measure swallowing muscle mass and quality in older patients with sarcopenic dysphagia. *J Am Med Dir Assoc*. 2018;19(6):516-522.
95. Suzuki M, Miyazaki H, Kamei J, et al. Ultrasound-assisted prompted voiding care for managing urinary incontinence in nursing homes: A randomized clinical trial. *Neurourol Urodyn*. 2019;38(2):757-763.
96. Reske-Nielsen C, Medzon R. Geriatric Trauma. *Emerg Med Clin North Am*. 2016;34(3):483-500.
97. Perera T, Cortijo-Brown A. Geriatric Resuscitation. *Emerg Med Clin North Am*. 2016;34(3):453-467.
98. Hasegawa Y, Yoshida M, Sato A, et al. Temporal muscle thickness as a new indicator of nutritional status in older individuals. *Geriatr Gerontol Int*. 2019;19(2):135-140.
99. Lumberras B, Donat L, Hernandez-Aguado I. Incidental findings in imaging diagnostic tests: a systematic review. *Br J Radiol*. 2010;83(988):276-289.
100. Hirche TO, Russler J, Schroder O, et al. The value of routinely performed ultrasonography in patients with Crohn disease. *Scand J Gastroenterol*. 2002;37(10):1178-1183.
101. Lanitis S, Zacharioudakis C, Zafeiriadou P, Armoutides V, Karaliotas C, Sgourakis G. Incidental findings in trauma patients during focused assessment with sonography for trauma. *Am Surg*. 2012;78(3):366-372.
102. Hanna TN, Shekhani H, Zygmunt ME, Kerchberger JM, Johnson JO. Incidental findings in emergency imaging: frequency, recommendations, and compliance with consensus guidelines. *Emerg Radiol*. 2016;23(2):169-174.
103. Mills P, Joseph AE, Adam EJ. Total abdominal and pelvic ultrasound: incidental findings and a comparison between outpatient and general practice referrals in 1000 cases. *Br J Radiol*. 1989;62(743):974-976.
104. Tewari A, Shuaib W, Maddu KK, et al. Incidental Findings on bedside ultrasonography: detection rate and accuracy of resident-performed examinations in the acute setting. *Can Assoc Radiol J*. 2015;66(2):153-157.
105. Kremer H, Dobrinski W, Schreiber MA, Zollner N. Sonographie des Abdomens als Screeningmethode [Sonography of the abdomen as a screening method]. *Ultraschall Med*. 1984;5(6):272-276.
106. Orme NM, Fletcher JG, Siddiki HA, et al. Incidental findings in imaging research: evaluating incidence, benefit, and burden. *Arch Intern Med*. 2010;170(17):1525-1532.
107. Morin SH, Cobbald JF, Lim AK, et al. Incidental findings in healthy control research subjects using whole-body MRI. *Eur J Radiol*. 2009;72(3):529-533.
108. O'Sullivan JW, Muntinga T, Grigg S, Ioannidis JPA. Prevalence and outcomes of incidental imaging findings: umbrella review. *BMJ*. 2018;361:k2387.
109. Booth TC, Najim R, Petkova H. Incidental findings discovered during imaging: implications for general practice. *Br J Gen Pract*. 2016;66(648):346-347.
110. Pinato DJ, Stavrou C, Tanner M, et al. Clinical, ethical and financial implications of incidental imaging findings: experience from a phase I trial in healthy elderly volunteers. *PLoS One*. 2012;7(11):e49814.

111. Ding A, Eisenberg JD, Pandharipande PV. The economic burden of incidentally detected findings. *Radiol Clin North Am.* 2011;49(2):257-265.
112. Cotter AR, Vuong K, Mustelin L, et al. Do psychological harms result from being labelled with an unexpected diagnosis of abdominal aortic aneurysm or prostate cancer through screening? A systematic review. *BMJ Open.* 2017;7(12):e017565.
113. Quattrocchi CC, Giona A, Di Martino AC, et al. Extra-spinal incidental findings at lumbar spine MRI in the general population: a large cohort study. *Insights Imaging.* 2013;4(3):301-308.
114. Tuncel SA, Çağlı B, Tekataş A, Kırıcı MY, Ünlü E, Gençhellaç H. Extraspinal incidental findings on routine MRI of lumbar spine: prevalence and reporting rates in 1278 patients. *Korean J Radiol.* 2015;16(4):866-873.
115. Ibrahim IS, Brückner C, Carrato A, et al. Incidental findings in pancreas screening programs for high-risk individuals: results from three European expert centers. *United European Gastroenterol J.* 2019;7(5):682-688.
116. Kimura W. [Diseases of the biliary tract and pancreas in the aged--results obtained by investigation of the autopsy cases]. *Nihon Ronen Igakkai Zasshi.* 2000;37(11):873-877.
117. Choi SH, Kwon HJ, Lee SY, et al. Focal hepatic solid lesions incidentally detected on initial ultrasonography in 542 asymptomatic patients. *Abdom Radiol (NY).* 2016;41(2):265-272.
118. Ishikawa S, Aoki J, Ohwada S, Takahashi T, Morishita Y, Ueda K. Mass screening of multiple abdominal solid organs using mobile helical computed tomography scanner--a preliminary report. *Asian J Surg.* 2007;30(2):118-121.
119. Patel S, Rajalakshmi BR, Manjunath GV. Histopathologic findings in autopsies with emphasis on interesting and incidental findings-a pathologist's perspective. *J Clin Diagn Res.* 2016;10(11):ec08-ec12.
120. Little JM, Kenny J, Hollands MJ. Hepatic incidentaloma: a modern problem. *World J Surg.* 1990;14(4):448-451.
121. Belli G, D'Agostino A, Iannelli A, Marano I. Hepatic incidentaloma. Retrospective analysis of 35 cases. *Int Surg.* 1996;81(2):144-148.
122. Diagnostik und Therapie des hepatozellulären Karzinoms. https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/032-053OLI_S3_Hepatozellul%C3%A4res_Karzinom_Diagnostik_Therapie_2013-abgelaufen.pdf. Published 2013. Accessed 29 Aug, 2020.
123. Devi PM, Myrthong BG, Meera T, Nabachandra H. Pathological findings of liver in autopsy cases a study at Imphal. *J Indian Acad Forensic Med.* 2013;35(3):206-210.
124. Alagarsamy J, Muthureddy Y, Yadav NSR. Incidentally discovered liver diseases-an autopsy study of fifty cases. *Int J Sci Res.* 2014;3(5):1330-1332.
125. Lu SN, Wang LY, Chang WY, et al. Abdominal sonographic screening in a single community. *Gaoxiong Yi Xue Ke Xue Za Zhi.* 1990;6(12):643-646.
126. Vernon G, Baranova A, Younossi ZM. Systematic review: the epidemiology and natural history of non-alcoholic fatty liver disease and non-alcoholic steatohepatitis in adults. *Aliment Pharmacol Ther.* 2011;34(3):274-285.
127. Bohte AE, van Werven JR, Bipat S, Stoker J. The diagnostic accuracy of US, CT, MRI and 1H-MRS for the evaluation of hepatic steatosis compared with liver biopsy: a meta-analysis. *Eur Radiol.* 2011;21(1):87-97.
128. S2k-Leitlinie nicht alkoholische Fettlebererkrankungen. AWMF online. https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/021-025I_S25_NASH_Nicht_alkoholische_Fettlebererkrankung_2020-02-abgelaufen.pdf. Published 2015. Accessed 29 Aug, 2020.
129. Blachier M, Leleu H, Peck-Radosavljevic M, Valla DC, Roudot-Thoraval F. The burden of liver disease in Europe: a review of available epidemiological data. *J Hepatol.* 2013;58(3):593-608.
130. Swobodnik W, Classen M. »Sludge« in der Gallenblase - eine kritische Bestandsaufnahme. *Dtsch med Wochenschr.* 1991;116(40):1519-1522.
131. Kratzer W, Kachele V, Mason RA, et al. Gallstone Prevalence in Germany: The Ulm Gallbladder Stone Study. *Dig Dis Sci.* 1998;43(6):1285-1291.
132. Balzer K, Goebell H, Breuer N, Rüping K, Leder L. Epidemiology of gallstones in a german industrial town (Essen) from 1940–1975. *Digestion.* 1986;33(4):189-197.

133. Ravindran S, Hancox SH, Barlow N, Dunk A, Howlett D. Unexpected findings in magnetic resonance enterography and their clinical significance. *Can J Gastroenterol Hepatol*. 2016;2016:4020569.
134. Csendes A, Burdiles P, Diaz JC, et al. Prevalence of common bile duct stones according to the increasing number of risk factors present. A prospective study employing routinely intraoperative cholangiography in 477 cases. *Hepatogastroenterology*. 1998;45(23):1415-1421.
135. Aktualisierte S3-Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Gastroenterologie, Verdauungs- und Stoffwechselkrankheiten (DGVS) und der Deutschen Gesellschaft für Allgemein- und Viszeralchirurgie (DGAV) zur Prävention, Diagnostik und Behandlung von Gallensteinen. AWMF online. https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/021-008I_S3_Gallensteine-Diagnostik-Therapie_2018-08.pdf. Published 2018. Accessed 29 Aug, 2020.
136. Soroida Y, Sato M, Hikita H, et al. Pancreatic cysts in general population on ultrasonography: prevalence and development of risk score. *J Gastroenterol*. 2016;51(12):1133-1140.
137. Zerboni G, Signoretti M, Crippa S, Falconi M, Arcidiacono PG, Capurso G. Systematic review and meta-analysis: prevalence of incidentally detected pancreatic cystic lesions in asymptomatic individuals. *Pancreatology*. 2019;19(1):2-9.
138. European evidence-based guidelines on pancreatic cystic neoplasms. *Gut*. 2018;67(5):789-804.
139. Chapman J, Bansal P, Goyal A, M. Azevedo A. Splenomegaly. In: *StatPearls*. Treasure Island: StatPearls Publishing; 2020: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK430907/>. Accessed 14.04.2020.
140. Nürnberg D, Ignee A, Dietrich CF. Aktueller Stand der Sonographie in der Gastroenterologie-Leber und Milz [Ultrasound in gastroenterology--liver and spleen]. *Z Gastroenterol*. 2006;44(9):991-1000.
141. Schattner A, Adi M, Kitroser E, Klepfish A. Acute splenic infarction at an academic general hospital over 10 years: presentation, etiology, and outcome. *Medicine (Baltimore)*. 2015;94(36):e1363.
142. Börner N, Blank W, Bönhof J, et al. Echoreiche Milzprozesse-Häufigkeit und Differenzialdiagnose [Echogenic splenic lesions--incidence and differential diagnosis]. *Ultraschall Med*. 1990;11(3):112-118.
143. Cieszanowski A, Maj E, Kulisiewicz P, et al. Non-contrast-enhanced whole-body magnetic resonance imaging in the general population: the incidence of abnormal findings in patients 50 years old and younger compared to older subjects. *PLoS One*. 2014;9(9):e107840.
144. Zidan MMA, Hassan IA, Elhour AM, et al. Incidental extraspinal findings in the lumbar spine during magnetic resonance imaging of intervertebral discs. *Heliyon*. 2018;4(9):e00803.
145. Buchholz NP, Abbas F, Afzal M, Khan R, Rizvi I, Talati J. The prevalence of silent kidney stones--an ultrasonographic screening study. *J Pak Med Assoc*. 2003;53(1):24-25.
146. Kim IK, Tan JC, Lapasia J, Elihu A, Busque S, Melcher ML. Incidental kidney stones: a single center experience with kidney donor selection. *Clin Transplant*. 2012;26(4):558-563.
147. Bansal AD, Hui J, Goldfarb DS. Asymptomatic nephrolithiasis detected by ultrasound. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2009;4(3):680-684.
148. S2k-Leitlinie zur Diagnostik, Therapie und Metaphylaxe der Urolithiasis - Aktualisierung 2018. AWMF online. https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/043-025I_S2k_Diagnostik_Therapie_Metaphylaxe_Urolithiasis_2019-07_1.pdf. Published 2019. Accessed 07 Aug, 2020.
149. Ueyama T, Yoshida M, Motooka M, Kitagawa S, Masuda K, Tsuneyoshi M. Colorectal carcinomas incidentally detected in autopsied cases and inpatients. *Am J Gastroenterol*. 1991;86(12):1795-1799.
150. Siso-Almirall A, Kostov B, Navarro Gonzalez M, et al. Abdominal aortic aneurysm screening program using hand-held ultrasound in primary healthcare. *PLoS One*. 2017;12(4):e0176877.
151. Hafez H, Druce PS, Ashton HA. Abdominal aortic aneurysm development in men following a "normal" aortic ultrasound scan. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2008;36(5):553-558.

152. Bickerstaff LK, Hollier LH, Van Peenen HJ, Melton LJ, 3rd, Pairolero PC, Cherry KJ. Abdominal aortic aneurysms: the changing natural history. *J Vasc Surg.* 1984;1(1):6-12.
153. McKenna DA, Laxpati M, Colletti PM. The prevalence of incidental findings at cardiac MRI. *Open Cardiovasc Med J.* 2008;2:20-25.
154. Garibyan VN, Amundson SA, Shaw DJ, Phan JN, Showalter BK, Kimura BJ. Lung ultrasound findings detected during inpatient echocardiography are common and associated with short- and long-term mortality. *J Ultrasound Med.* 2018;37(7):1641-1648.
155. Steele SR, Martin MJ, Mullenix PS, Azarow KS, Andersen CA. The significance of incidental thyroid abnormalities identified during carotid duplex ultrasonography. *Arch Surg.* 2005;140(10):981-985.
156. Kim HC, Yoon DY, Seo YL, et al. Incidental thyroid lesions identified by ultrasound in patients with non-thyroidal head and neck cancer. *Acta Radiol.* 2013;54(10):1153-1158.
157. Mortensen JD, Woolner LB, Bennett WA. Gross and microscopic findings in clinically normal thyroid glands. *J Clin Endocrinol Metab.* 1955;15(10):1270-1280.
158. Bernatik T, Strobel D, Hahn EG, Becker D. Doppler measurements: a surrogate marker of liver fibrosis? *Eur J Gastroenterol Hepatol.* 2002;14(4):383-387.
159. Iwao T, Toyonaga A, Oho K, et al. Value of Doppler ultrasound parameters of portal vein and hepatic artery in the diagnosis of cirrhosis and portal hypertension. *Am J Gastroenterol.* 1997;92(6):1012-1017.
160. Leen E, Goldberg JA, Robertson J, Sutherland GR, McArdle CS. The use of duplex sonography in the detection of colorectal hepatic metastases. *Br J Cancer.* 1991;63(2):323-325.
161. Guadagni S, Pizzutilli A, Mancini E, et al. Significance of duplex/colour Doppler sonography in hepatic arterial chemotherapy for patients with liver metastases from colorectal carcinoma. *Eur J Surg Oncol.* 2000;26(4):381-386.
162. Go S, Kamaya A, Jeffrey B, Dessler TS. Duplex doppler ultrasound of the hepatic artery: a window to diagnosis of diffuse liver pathology. *Ultrasound Q.* 2016;32(1):58-66.
163. Dietrich C, Lee J, Gottschalk R, et al. Hepatic and portal vein flow pattern in correlation with intrahepatic fat deposition and liver histology in patients with chronic hepatitis C. *AJR Am J Roentgenol.* 1998;171(2):437-443.
164. Bolondi L, Gandolfi L, Arienti V, et al. Ultrasonography in the diagnosis of portal hypertension: diminished response of portal vessels to respiration. *Radiology.* 1982;142(1):167-172.
165. Sabba C, Buonamico P, Antonica G, et al. [Echo-color Doppler in the study of portal hypertension]. *Radiologia Medica.* 1993;85(5 Suppl 1):56-59.
166. Wermke W. *Sonographische und Dopplersonographische Untersuchungen bei chronischen Leberkrankheiten [Habilitation]*. Berlin, Humboldt-Univ.; 1990.
167. Zoli M, Dondi C, Marchesini G, Cordiani MR, Melli A, Pisi E. Splanchnic vein measurements in patients with liver cirrhosis: a case-control study. *J Ultrasound Med.* 1985;4(12):641-646.
168. Dietrich CF, Chichakli M, Hirche TO, et al. Sonographic findings of the hepatobiliary-pancreatic system in adult patients with cystic fibrosis. *J Ultrasound Med.* 2002;21(4):409-416.
169. Maconi G, Parente F, Bollani S, et al. Factors affecting splanchnic haemodynamics in Crohn's disease: a prospective controlled study using Doppler ultrasound. *Gut.* 1998;43(5):645-650.
170. Arienti V, Califano C, Brusco G, et al. Doppler ultrasonographic evaluation of splanchnic blood flow in coeliac disease. *Gut.* 1996;39(3):369-373.
171. Haag K, Rössle M, Ochs A, et al. Correlation of duplex sonography findings and portal pressure in 375 patients with portal hypertension. *AJR Am J Roentgenol.* 1999;172(3):631-635.
172. Bilic A, Glavic Z, Vuckovic B, Ursic D, Zivkovic R, Hrgovic Z. Ultrasonic investigation of parametric values of portal vein diameter in healthy subjects and patients with chronic diffuse liver disease. *Med Arh.* 2014;68(3):170-172.
173. Ignee A, Boerner N, Bruening A, et al. Duplexsonography of the mesenteric vessels—a critical evaluation of inter observer variability. *Z Gastroenterol.* 2016;54(04):304-311.
174. Niederau C, Sonnenberg A, Müller J, Erckenbrecht J, Scholten T, Fritsch W. Sonographic measurements of the normal liver, spleen, pancreas, and portal vein. *Radiology.* 1983;149(2):537-540.

175. Zoli M, Magalotti D, Bianchi G, et al. Total and functional hepatic blood flow decrease in parallel with ageing. *Age Ageing*. 1999;28(1):29-33.
176. Luntsi G, Sani M, Zira JD, Ivor NC, Garba SH. Sonographic assessment of the portal vein diameter in apparently healthy adults in a northern Nigerian population. *Afr Health Sci*. 2016;16(4):1163-1168.
177. Causemann M. *Die Sonographie der Lebervene gesunder Lebern [Dissertation]*. Hannover, Medizinische Hochschule; 1986.
178. Bang D-H, Son Y, Lee YH, Yoon K-H. Doppler ultrasonography measurement of hepatic hemodynamics during Valsalva maneuver: healthy volunteer study. *Ultrasonography*. 2015;34(1):32-38.
179. Henriksson L, Hedman A, Johansson R, Lindström K. Ultrasound assessment of liver veins in congestive heart failure. *Acta Radiol Diagn (Stockh)*. 1982;23(4):361-363.
180. Sekimoto T, Maruyama H, Kiyono S, et al. Liver stiffness: a significant relationship with the waveform pattern in the hepatic vein. *Ultrasound Med Biol*. 2015;41(7):1801-1807.
181. Salles N, Dussarat P, Foucher J, Villars S, de Ledinghen V. Non-invasive evaluation of liver fibrosis by transient elastography and biochemical markers in elderly inpatients. *Gastroenterol Clin Biol*. 2009;33(2):126-132.
182. Roulot D, Czernichow S, Le Clésiau H, Costes J-L, Vergnaud A-C, Beaugrand M. Liver stiffness values in apparently healthy subjects: influence of gender and metabolic syndrome. *J Hepatol*. 2008;48(4):606-613.
183. Sirli R, Sporea I, Tudora A, Deleanu A, Popescu A. Transient elastographic evaluation of subjects without known hepatic pathology: does age change the liver stiffness. *J Gastrointest Liver Dis*. 2009;18(1):57-60.
184. Dietrich CF, Bamber J, Berzigotti A, et al. EFSUMB Guidelines and Recommendations on the Clinical Use of Liver Ultrasound Elastography, Update 2017 (Long Version). *Ultraschall Med*. 2017;38(4):e16-e47.
185. Ferraioli G, Filice C, Castera L, et al. WFUMB guidelines and recommendations for clinical use of ultrasound elastography: Part 3: liver. *Ultrasound Med Biol*. 2015;41(5):1161-1179.
186. Sirli R, Sporea I, Bota S, Jurchis A. Factors influencing reliability of liver stiffness measurements using transient elastography (M-probe)-monocentric experience. *Eur J Radiol*. 2013;82(8):e313-316.
187. Roulot D, Roudot-Thoraval F, G NK, et al. Concomitant screening for liver fibrosis and steatosis in french type 2 diabetic patients using Fibroscan. *Liver Int*. 2017;37(12):1897-1906.
188. Pang JX, Pradhan F, Zimmer S, et al. The feasibility and reliability of transient elastography using Fibroscan(R): a practice audit of 2335 examinations. *Can J Gastroenterol Hepatol*. 2014;28(3):143-149.
189. Kettaneh A, Marcellin P, Douvin C, et al. Features associated with success rate and performance of FibroScan measurements for the diagnosis of cirrhosis in HCV patients: a prospective study of 935 patients. *J Hepatol*. 2007;46(4):628-634.
190. Osman AM, El Shimy A, Abd El Aziz MM. 2D shear wave elastography (SWE) performance versus vibration-controlled transient elastography (VCTE/fibroscan) in the assessment of liver stiffness in chronic hepatitis. *Insights Imaging*. 2020;11(1):38.
191. Kaude J. The width of the common bile duct in relation to age and stone disease. An ultrasonographic study. *Eur J Radiol*. 1983;3(2):115-117.
192. Wu CC, Ho YH, Chen CY. Effect of aging on common bile duct diameter: A real-time ultrasonographic study. *J Clin Ultrasound*. 1984;12(8):473-478.
193. Kaim A, Steinke K, Frank M, et al. Diameter of the common bile duct in the elderly patient: measurement by ultrasound. *Eur Radiol*. 1998;8(8):1413-1415.
194. Bachar GN, Cohen M, Belenky A, Atar E, Gideon S. Effect of aging on the adult extrahepatic bile duct: a sonographic study. *J Ultrasound Medicine*. 2003;22(9):879-882.
195. Pirri C, Cui X, De Molo C, Ignee A, Schreiber-Dietrich D, Dietrich C. The pancreatic head is larger than often assumed. *Z Gastroenterol*. 2013;51(04):390-394.
196. Schmidt G, Holle A. Pankreas. In: Schmidt G, Greiner L, Nürnberg D, eds. *Sonografische Differenzialdiagnose*. 3 ed. Stuttgart: Thieme; 2014:199-203.
197. Hadidi A. Pancreatic duct diameter: sonographic measurement in normal subjects. *J Clin Ultrasound*. 1983;11(1):17-22.
198. Glaser J, Stienecker K. Pancreas and aging: a study using ultrasonography. *Gerontology*. 2000;46(2):93-96.

199. Loftus WK, Metreweli C. Normal splenic size in a Chinese population. *J Ultrasound Med.* 1997;16(5):345-347.
200. Dietrich C, Zeuzem S, Caspary W, Wehrmann T. Ultrasound lymph node imaging in the abdomen and retroperitoneum of healthy probands. *Ultraschall Med.* 1998;19(6):265-269.
201. Emamian SA, Nielsen MB, Pedersen JF, Ytte L. Kidney dimensions at sonography: correlation with age, sex, and habitus in 665 adult volunteers. *AJR Am J Roentgenol.* 1993;160(1):83-86.
202. Akpınar İN, Altun E, Avcu S, Tüney D, Ekinçi G, Biren T. Sonographic measurement of kidney size in geriatric patients. *J Clin Ultrasound.* 2003;31(6):315-318.
203. Spiegl G, Jeanty P, Kittel F, Struyven J. Ultrasonic measure of the normal kidney. *Journal belge de radiologie.* 1982;65(6):513-518.
204. Wang F, Cheok S, Kuan B. Renal size in healthy Malaysian adults by ultrasonography. *Medical J Malaysia.* 1989;44(1):45-51.
205. Schmidt G. Prostata. In: Schmidt G, Greiner L, Nürnberg D, eds. *Sonografische Differenzialdiagnose.* 3 ed. Stuttgart: Thieme; 2014:421-429.
206. Bosch J, Tilling K, Bohnen A, Bangma C, Donovan J. Establishing normal reference ranges for prostate volume change with age in the population-based Krimpen-study: Prediction of future prostate volume in individual men. *Prostate.* 2007;67(16):1816-1824.
207. Zhang S-J, Qian H-N, Zhao Y, et al. Relationship between age and prostate size. *Asian J Andrology.* 2013;15(1):116-120.
208. Schmidt G. Gefäße. In: Schmidt G, Greiner L, Nürnberg D, eds. *Sonografische Differenzialdiagnose.* 3 ed. Stuttgart: Thieme; 2014:30-40.
209. Valecchi D, Bacci D, Gulisano M, et al. Assessment of internal diameters of abdominal and femoral blood vessels in 250 living subjects using color Doppler ultrasonography. *IJAE.* 2010;115(3):180-184.
210. Masugata H, Senda S, Okuyama H, et al. Age-related decrease in inferior vena cava diameter measured with echocardiography. *Tohoku J Exp Med.* 2010;222(2):141-147.
211. Innelli P, Esposito R, Olibet M, Nistri S, Galderisi M. The impact of ageing on right ventricular longitudinal function in healthy subjects: a pulsed tissue Doppler study. *Eur J Echocardiogr.* 2009;10(4):491-498.
212. Singh K, Jacobsen B, Solberg S, Kumar S, Arnesen E. The difference between ultrasound and computed tomography (CT) measurements of aortic diameter increases with aortic diameter: analysis of axial images of abdominal aortic and common iliac artery diameter in normal and aneurysmal aortas. The Tromsø Study, 1994–1995. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2004;28(2):158-167.
213. Länne T, Sonesson B, Bergqvist D, Bengtsson H, Gustafsson D. Diameter and compliance in the male human abdominal aorta: influence of age and aortic aneurysm. *Eur J Vasc Surg.* 1992;6(2):178-184.
214. Pedersen OM, Aslaksen A, Vik-Mo H. Ultrasound measurement of the luminal diameter of the abdominal aorta and iliac arteries in patients without vascular disease. *J Vasc Surg.* 1993;17(3):596-601.
215. Lawrence-Brown MM, Norman PE, Jamrozik K, et al. Initial results of ultrasound screening for aneurysm of the abdominal aorta in Western Australia: relevance for endoluminal treatment of aneurysm disease. *Cardiovas Surg.* 2001;9(3):234-240.
216. Sariosmanoglu N, Ugurlu B, Karacelik M, et al. A multicentre study of abdominal aorta diameters in a Turkish population. *J Int Med Res.* 2002;30(1):1-8.
217. Boll AP, Verbeek AL, van de Lisdonk EH, van der Vliet JA. High prevalence of abdominal aortic aneurysm in a primary care screening programme. *Br J Surg.* 1998;85(8):1090-1094.
218. Calsolaro V, Niccolai F, Pasqualetti G, et al. Hypothyroidism in the elderly: who should be treated and how? *J Endocr Soc.* 2018;3(1):146-158.
219. Pasqualetti G, Tognini S, Polini A, Caraccio N, Monzani F. Is subclinical hypothyroidism a cardiovascular risk factor in the elderly? *J Clin Endocrinol Metab.* 2013;98(6):2256-2266.
220. Pearce EN. Hypothyroidism is associated with increased mortality risk in individuals 65 years of age or older. *Clin Thyroidol.* 2018;30(8):350-352.
221. Wilson S, Parle JV, Roberts LM, et al. Prevalence of subclinical thyroid dysfunction and its relation to socioeconomic deprivation in the elderly: a community-based cross-sectional survey. *J Clin Endocrinol Metab.* 2006;91(12):4809-4816.

222. Dietrich C, Schneider J, Ignee A. Schilddrüsenultraschall: Eine Übersicht. *Endo heute*. 2007;20(01):17-27.
223. Schmidt G. Schilddrüse. In: Schmidt G, Greiner L, Nürnberg D, eds. *Sonografische Differenzialdiagnose*. 3 ed. Stuttgart: Thieme; 2014:479-511.
224. Gaitini D, Evans R, G I. Thyroid ultrasound. In: Dietrich C, ed. *EFSUMB Course book on ultrasound*. London: EFSUMB; 2012.
225. Gilja OH, Piscaglia F, Dietrich CF. Echoscopia-a new concept in mobile ultrasound. In: *EFSUMB course book on ultrasound*. 2nd ed. London: EFSUMB; 2017.
226. Edler I, Lindstrom K. The history of echocardiography. *Ultrasound Med Biol*. 2004;30(12):1565-1644.
227. Moore CL, Copel JA. Point-of-care ultrasonography. *N Engl J Med*. 2011;364(8):749-757.
228. Seitz K, Vasilakis D, Ziegler M. Was leistet die abdominale B-Bild-Diagnostik mit einem tragbaren Ultraschallgerät im Vergleich mit einem High-End-Gerät? Ergebnisse einer Pilotstudie [Efficiency of a portable B-scan ultrasound device in comparison to a high-end machine in abdominal ultrasound. Results of a pilot study]. *Ultraschall Med*. 2003;24(2):96-100.
229. Barreiros A, Cui X, Ignee A, De Molo C, Pirri C, Dietrich C. Echoscopia in scanning abdominal diseases: initial clinical experience. *Z Gastroenterol*. 2014;52(03):269-275.
230. Barreiros AP, Dong Y, Ignee A, Wastl D, Dietrich CF. Echoscopia in scanning abdominal diseases; a prospective single center study. *Med Ultrason*. 2019;21(1):8-15.
231. Froehlich E, Beller K, Muller R, et al. Point of Care Ultrasound in Geriatric Patients: Prospective Evaluation of a Portable Handheld Ultrasound Device. *Ultraschall in der Medizin-European Journal of Ultrasound*. 2019.
232. Khov N, Sharma A, Riley TR. Bedside ultrasound in the diagnosis of nonalcoholic fatty liver disease. *World J Gastroenterol*. 2014;20(22):6821-6825.
233. Del Medico M, Altieri A, Carnevale-Maffè G, et al. Pocket-size ultrasound device in cholelithiasis: diagnostic accuracy and efficacy of short-term training. *Intern Emerg Med*. 2018;13(7):1121-1126.
234. Heeg S. Diagnostik und Management zystischer Pankreasneoplasien. Falk Gastro-Kolleg. https://www.dr.falkpharma.de/uploads/tx_tocme2/FGK_1-18_Heeg_WEB.pdf. Published 2018. Accessed 07 Aug, 2020.
235. Ker C, Tabata M, Sheen P, Jan C, Chen C. Echographic measurement of normal Chinese pancreas. *Taiwan yi xue hui za zhi Journal of the Formosan Medical Association*. 1984;83(11):1094.
236. Lamarche J, Rivera AP, Courville C, Taha M, Antar-Shultz M, Reyes A. Role of point-of-care ultrasonography in the evaluation and management of kidney disease. *Fed Pract*. 2018;35(12):27-33.
237. S2e-Leitlinie Harninkontinenz bei geriatrischen Patienten, Diagnostik und Therapie. AWMF online. https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/084-001l_S2e_Harninkontinenz_geriatrische_Patienten_Diagnostik-Therapie_2019-01.pdf. Published 2019. Accessed 13 Aug, 2020.
238. Lyon M, Blaivas M, Brannam L. Sonographic measurement of the inferior vena cava as a marker of blood loss. *Am J Emerg Med*. 2005;23(1):45-50.
239. Stawicki SP, Braslow BM, Panebianco NL, et al. Intensivist use of hand-carried ultrasonography to measure IVC collapsibility in estimating intravascular volume status: correlations with CVP. *J Am Coll Surg*. 2009;209(1):55-61.
240. Yanagawa Y, Sakamoto T, Okada Y. Hypovolemic shock evaluated by sonographic measurement of the inferior vena cava during resuscitation in trauma patients. *J Trauma*. 2007;63(6):1245-1248.
241. Zhang Z, Xu X, Ye S, Xu L. Ultrasonographic measurement of the respiratory variation in the inferior vena cava diameter is predictive of fluid responsiveness in critically ill patients: systematic review and meta-analysis. *Ultrasound Med Biol*. 2014;40(5):845-853.
242. Finnerty NM, Panchal AR, Boulger C, et al. Inferior vena cava measurement with ultrasound: what is the best view and best mode? *West J Emerg Med*. 2017;18(3):496-501.
243. Çelebi Yamanoğlu NG, Yamanoğlu A, Parlak İ, et al. The role of inferior vena cava diameter in volume status monitoring; the best sonographic measurement method? *Am J Emerg Med*. 2015;33(3):433-438.
244. Ceriani E, Cogliati C. Update on bedside ultrasound diagnosis of pericardial effusion. *Internal and emergency medicine*. 2016;11(3):477-480.

245. Testuz A, Müller H, Keller P-F, et al. Diagnostic accuracy of pocket-size handheld echocardiographs used by cardiologists in the acute care setting. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2013;14(1):38-42.
246. Maw AM, Hassanin A, Ho PM, et al. Diagnostic Accuracy of Point-of-Care Lung Ultrasonography and Chest Radiography in Adults With Symptoms Suggestive of Acute Decompensated Heart Failure: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA network open*. 2019;2(3):e190703-e190703.
247. Koh Y, Chua MT, Ho WH, Lee C, Chan GWH, Kuan WS. Assessment of dyspneic patients in the emergency department using point-of-care lung and cardiac ultrasonography—a prospective observational study. *J Thorac Dis*. 2018;10(11):6221-6229.
248. Hamill C, Ellis PK, Johnston PC. Point of Care Thyroid Ultrasound (POCUS) in Endocrine Outpatients: A Pilot Study. *Ulster Med J*. 2020;89(1):21-24.
249. Rothlin M, Naf R, Amgwerd M, Candinas D, Trentz O. Wieviele Vorkenntnisse verlangt die Sonographie des stumpfen Abdominaltraumas? [How much experience is required for ultrasound diagnosis of blunt abdominal trauma?]. *Langenbecks Arch Chir*. 1992;377(4):211-215.
250. Ohrndorf S, Naumann L, Grundey J, et al. Is musculoskeletal ultrasonography an operator-dependent method or a fast and reliably teachable diagnostic tool? Interreader agreements of three ultrasonographers with different training levels. *Int J Rheumatol*. 2010;2010:164518.
251. Brusa G, Savoia M, Vergine M, Bon A, Copetti R, Cattarossi L. Neonatal lung sonography: interobserver agreement between physician interpreters with varying levels of experience. *J Ultrasound Med*. 2015;34(9):1549-1554.
252. Gullett J, Donnelly JP, Sinert R, et al. Interobserver agreement in the evaluation of B-lines using bedside ultrasound. *J Crit Care*. 2015;30(6):1395-1399.
253. Lee HJ, Yoon DY, Seo YL, et al. Intraobserver and interobserver variability in ultrasound measurements of thyroid nodules. *J Ultrasound Med*. 2018;37(1):173-178.
254. Hower K, Young CF, Wagner A, Thorsen D, Dugan J. Can Osteopathic Medical Students Accurately Measure Abdominal Aortic Dimensions Using Handheld Ultrasonography Devices in the Primary Care Setting? *The Journal of the American Osteopathic Association*. 2019;119(5):e19-e24.
255. Stenman C, Glavas R, Davidsson J, Knutsson A, Smedby O. Visualization of liver lesions in standardized video-documented ultrasonography - inter-observer agreement and effect of contrast injection. *Med Ultrason*. 2015;17(4):437-443.
256. Cengiz M, Senturk S, Cetin B, Bayrak AH, Bilek SU. Sonographic assessment of fatty liver: intraobserver and interobserver variability. *Int J Clin Exp Med*. 2014;7(12):5453-5460.
257. Boursier J, Konate A, Guilluy M, et al. Learning curve and interobserver reproducibility evaluation of liver stiffness measurement by transient elastography. *Eur J Gastroenterol Hepatol*. 2008;20(7):693-701.
258. Coşkun F, Akıncı E, Ceyhan MA, Kavaklı HŞ. Our new stethoscope in the emergency department: handheld ultrasound. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg*. 2011;17(6):488-492.
259. Long B, April MD. What is the diagnostic accuracy of point-of-care ultrasonography in patients with suspected blunt thoracoabdominal trauma? *Ann Emerg Med*. 2019;74(3):400-402.
260. Stengel D, Leisterer J, Ferrada P, Ekkernkamp A, Mutze S, Hoenning A. Point-of-care ultrasonography for diagnosing thoracoabdominal injuries in patients with blunt trauma. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2018(12).
261. Lee JH, Lee SH, Yun SJ. Comparison of 2-point and 3-point point-of-care ultrasound techniques for deep vein thrombosis at the emergency department: A meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2019;98(22):e15791.
262. Osman A, Sum KM. Role of upper airway ultrasound in airway management. *J Intensive Care*. 2016;4:52.
263. Tripathy DK, Dhar M, Haran GH, Chauhan U. Airway management in a patient of Crouzon syndrome for maxillo-facial reconstructive surgery: role of point-of-care ultrasonography. *Indian J Anaesth*. 2019;63(5):409-410.
264. Ramsingh D, Mangunta VR. The use of point-of-care ultrasonography in trauma anesthesia. *Anesthesiol Clin*. 2019;37(1):93-106.
265. Nürnberg D, Jenssen C, Cui X, Ignee A, Dietrich C. Bedeutung der Sonografie bei palliativmedizinischen Interventionen. *Z Gastroenterol*. 2015;53(5):409-416.

266. Nuernberg D, Jenssen C, Fröhlich E, Ignee A, Mathis G, Dietrich CF. Bedeutung der Sonografie in der Palliativmedizin (Palliative Sonografie) Teil 2. *Zeitschrift für Gastroenterologie*. 2017;55(06):582-591.
267. Lee SH, Yun SJ. Feasibility of point-of-care knee ultrasonography for diagnosing anterior cruciate and posterior cruciate ligament tears in the ED. *The American journal of emergency medicine*. 2019.
268. Lau BC, Motamedi D, Lee N. Orthopaedic Residents' Interpretation of Point-of-Care Assessment of Distal Radial Fractures with Use of Pocket-Sized Ultrasound Devices. *The Journal of Bone & Joint Surgery*. 2019;101(9):e38.
269. Troyano Luque J, Ferrer-Roca O, Barco-Marcellán M, López RS, Pérez-Medina T, Pérez-Lopez F. Modification of the hand-held Vscan ultrasound and verification of its performance for transvaginal applications. *Ultrasonics*. 2013;53(1):17-22.
270. Modayil V, Ash A, Raio C. Cervical ectopic pregnancy diagnosed by point-of-care emergency department ultrasound. *J Emerg Med*. 2011;41(6):655-657.
271. Sohoni A, Bosley J, Miss JC. Bedside ultrasonography for obstetric and gynecologic emergencies. *Crit Care Clin*. 2014;30(2):207-226.
272. Tsou PY, Chen KP, Wang YH, et al. Diagnostic accuracy of lung ultrasound performed by novice versus advanced sonographers for pneumonia in children: A systematic review and meta-analysis. *Acad Emerg Med*. 2019;26(9):1074-1088.
273. Supino MC, Buonsenso D, Scateni S, et al. Point-of-care lung ultrasound in infants with bronchiolitis in the pediatric emergency department: a prospective study. *Eur J Pediatr*. 2019;178(5):623-632.
274. Park BL, Rabiner JE, Tsung JW. Point-of-care ultrasound diagnosis of small bowel-small bowel vs ileocolic intussusception. *Am J Emerg Med*. 2019;37(9):1746-1750.
275. Tsou P-Y, Wang Y-H, Ma Y-K, et al. Accuracy of point-of-care ultrasound and radiology-performed ultrasound for intussusception: A systematic review and meta-analysis. *Am J Emerg Med*. 2019;37(9):1760-1769.
276. Lawton B, Goldstein H, Davis T, Tagg A. Diagnosis of appendicitis in the paediatric emergency department: an update. *Curr Opin Pediatr*. 2019;31(3):312-316.
277. Mori T, Nomura O, Hagiwara Y. Another useful application of point-of-care ultrasound: detection of esophageal foreign bodies in pediatric patients. *Pediatr Emerg Care*. 2019;35(2):154-156.
278. Liu J, Copetti R, Sorantin E, et al. Protocol and guidelines for point-of-care lung ultrasound in diagnosing neonatal pulmonary diseases based on international expert consensus. *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*. 2019(145):e58990.
279. Lahham S, Shniter I, Thompson M, et al. Point-of-care ultrasonography in the diagnosis of retinal detachment, vitreous hemorrhage, and vitreous detachment in the emergency department. *JAMA network open*. 2019;2(4):e192162-e192162.
280. Ojaghihaghighi S, Lombardi KM, Davis S, Vahdati SS, Sorkhabi R, Pourmand A. Diagnosis of traumatic eye injuries with point-of-care ocular ultrasonography in the emergency department. *Ann Emerg Med*. 2019;74(3):365-371.
281. Hower K, Young CF, Wagner A, Thorsen D, Dugan J. Can osteopathic medical students accurately measure abdominal aortic dimensions using handheld ultrasonography devices in the primary care setting? *J Am Osteopath Assoc*. 2019;119(5):e19-e24.

10. Schriftliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die dem Fachbereich Medizin der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main zur Promotionsprüfung eingereichte Dissertation mit dem Titel

Geriatrischer Ultraschall: Prospektive Evaluation der Indikationen und Limitationen der point of care Sonografie in der Geriatrie. Normwertstudie bei geriatrischen Patienten.

in der Medizinischen Klinik 2 im Caritas Krankenhaus Bad Mergentheim unter Betreuung und Anleitung von Prof. Dr. Christoph F. Dietrich ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation angeführten Hilfsmittel benutzt habe. Darüber hinaus versichere ich, nicht die Hilfe einer kommerziellen Promotionsvermittlung in Anspruch genommen zu haben.

Ich habe bisher an keiner in- oder ausländischen Universität ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht*. Die vorliegende Arbeit wurde bisher nicht als Dissertation eingereicht.

Vorliegende Ergebnisse der Arbeit wurden (oder werden) in folgendem Publikationsorgan veröffentlicht:

[Auflistung aller Autoren der Reihenfolge nach, Titel, Zeitschrift, Band, Seite, Veröffentlichungsjahr]